

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SOCIOECONÔMICO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONTABILIDADE**

**A INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS INDEPENDENTES NA
EFICIÊNCIA DO ENSINO MÉDIO: UMA PERSPECTIVA
CROSS-COUNTRY**

Mestrando: Marcelo Machado de
Freitas

Orientador: Leonardo Flach, Dr.

**FLORIANÓPOLIS
2016**

Marcelo Machado de Freitas

**A INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS INDEPENDENTES NA
EFICIÊNCIA DO ENSINO MÉDIO: UMA PERSPECTIVA
CROSS-COUNTRY**

Dissertação submetida ao Programa
de Pós-graduação em Contabilidade
da Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de
Mestre em Contabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo
Flach

**FLORIANÓPOLIS
2016**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Machado de Freitas, Marcelo

A influência de variáveis independentes na eficiência
do ensino médio : uma perspectiva cross-country / Marcelo
Machado de Freitas ; orientador, Leonardo Freitas -
Florianópolis, SC, 2016.

192 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Sócio-Econômico. Programa de Pós-Graduação em
Contabilidade.

Inclui referências

1. Contabilidade. 2. Contabilidade. 3. Gestão Pública.
4. Ensino Médio. 5. Eficiência . I. Freitas, Leonardo. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós
Graduação em Contabilidade. III. Título.

Marcelo Machado de Freitas

**A INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS INDEPENDENTES NA
EFICIÊNCIA DO ENSINO MÉDIO: UMA PERSPECTIVA
CROSS-COUNTRY**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do grau de Mestre em Contabilidade pelo Programa de Pós-Graduação em Contabilidade da Universidade Federal de Santa Catarina, em sua forma final, em 30 de setembro de 2016.

José Alonso Borba

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Contabilidade

Apresentada à comissão examinadora composta pelos professores:

Prof. Leonardo Flach, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Marcelo Alvaro Macedo, Dr.

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Antônio Cezar Bornia, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. André Portela Santos, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico a todas as crianças que carecem
de uma educação de qualidade

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos diversos mestres que tive durante os últimos anos de ensino, em especial, ao Professor Alonso, orientador da minha graduação, e ao Professor Leonardo Flach, orientador do meu mestrado. Ensinarão-me de maneiras distintas a construir novos caminhos e a solidificar o conhecimento necessário para o desenvolvimento de um mundo melhor. Agradeço à minha família por tudo, pois são a felicidade da minha vida. Nominalmente, cito meu pai, Salgado, por todo seu apoio necessário à concretização dessa conquista, minha irmã, Tatiana, meu irmão, Marcos, meu cunhado, Chris, meus sobrinhos, Rafa, Isa e Sofia, meus tios, Roni e Katya, Alécio e Denise, Miguel e Marta, Toninho e Mara, meus primos, Léo, André, Isabella, Luiza, Henrique, Daniel, Fernanda, Kauã, Antônio, Jorge, Cecília, Kamille, Neto e Karol.

Às amigas de longa data e que foram responsáveis pela solidificação da minha personalidade: Thiago, Guilherme Z., Luís Antônio, Luís Fernando, Cícero, João D., Marco, João S., Vitor, Guilherme S., Felipe, Anderson, Renata, Jefferson. Em nossas longas conversas, criamos ciência sem nem sabermos que estávamos fazendo isso.

Aos colegas de mestrado, Lucas, Rafael, André, Paulo, Rodolfo, Jonatan, por todo o suporte e a amizade que foram indispensáveis para a concretização desse mestrado.

Aos companheiros de movimento estudantil que construíram e moldaram meu amor pela contabilidade: André, Lucas, Robledo, Willian, Amauri, Tainar, Weyber, Paty, Priscila, Heitor, Caio, Diogo, Guilherme S., pessoal do CACiC, do C6 e muitos outros que trilharam esse lindo caminho do movimento estudantil.

À minha namorada, noiva e esposa, Elisa. Agradeço-a pela compreensão da minha ausência em muitos momentos e por seu apoio incondicional, pelos carinhos, pela amizade, pela honestidade e por todo o seu amor.

Agradeço em especial àquela que sempre foi meu guia, meu Norte, minha amiga, minha professora e minha mãe, Eliana, que viveu intensamente e à proporção do seu amor pela vida, pela natureza e pelos seres humanos, ensinou-me o valor da vida. Se dou hoje mais um passo em direção à realização de um sonho, foi porque ela me ensinou a caminhar.

Por fim, agradeço a todos os cientistas que, em diferentes cantos do mundo, dedicam-se incansavelmente a torná-lo um lugar onde vale a pena viver.

“Não está além do nosso poder a criação de um mundo no qual crianças tenham acesso a uma boa educação. Os que não acreditam nisso têm imaginação pequena”

Nelson Mandela

RESUMO

O objetivo da presente pesquisa foi evidenciar quais variáveis afetam a eficiência dos gastos públicos no ensino médio, em uma perspectiva *cross-country*. O universo da pesquisa foi inicialmente composto por 65 países que realizaram o exame de PISA no ano de 2012. Entretanto, devido à inviabilidade de dados, muitos desses não fizeram parte da amostra final. A eficiência dos países foi calculada por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA), em três períodos distintos (2004-2006; 2007-2009; 2010-2012), já que o exame de PISA ocorre a cada três anos. Essa eficiência refere-se à capacidade dos sistemas educacionais em transformar recursos públicos em notas no exame de PISA (qualidade da educação) e na taxa de atendimento líquida (quantidade de adolescentes atendidos). Para compreender as mudanças na produtividade e na eficiência ao longo do tempo, o Malmquist Index DEA foi aplicado. Em um segundo estágio da pesquisa, os níveis de eficiência de cada país foram utilizados como variável dependente de uma regressão com dados em painel, a fim de encontrar variáveis que afetam a eficiência do ensino médio. Os resultados mostram que o Brasil foi o país mais ineficiente na aplicação de seus recursos no período de 2010-2012 e alcançou somente 84,3% de seus potenciais *outputs*. Além disso, cinco economias emergentes ficaram entre as mais ineficientes nesse período, e quatro delas pertencem à América Latina. Entretanto, o Brasil foi o país que mais aumentou sua produtividade entre os períodos, sendo que parte dessa melhoria foi influenciada pelas inovações tecnológicas ocorridas. Por fim, as variáveis significativas na explicação da eficiência foram o logaritmo natural do PIB *per capita*, a autonomia curricular das escolas, a autonomia financeira, o nível de corrupção e o *background* socioeconômico dos estudantes. Todavia, as variáveis PIB *per capita* e a autonomia financeira apresentaram sinais opostos ao esperado (quanto maior o valor dessas variáveis, menor o índice de eficiência). Assim, os achados identificaram como algumas características que estão além do controle dos gestores públicos influenciam na eficiência dos sistemas de ensino. Por outro lado, esses administradores possuem poder de decisão sobre a autonomia das escolas em organizar seu próprio currículo, e por isso o foco da gestão pública do ensino deveria ser em aumentar essa autonomia, de maneira que os currículos levem em consideração as necessidades regionais de cada comunidade.

Palavras-chave: Eficiência do gasto público, Ensino Médio, *Cross-country*, exame de PISA

ABSTRACT

The objective of this research is to highlight which variables affect the efficiency of public spending in secondary education, in a cross-country perspective. The research universe was initially composed of 65 countries that undertook the PISA examination in 2012. However, due to the unfeasibility of data, many of these were not made part of the final sample. Countries efficiency was calculated by the Data Envelopment Analysis (DEA) in three distinct periods (2004-2006; 2007-2009; 2010-2012), since the PISA examination occurs every three years. This efficiency refers to the ability of educational systems to turn public resources into PISA tests scores (quality of education) and net enrolment rates (quantity of adolescents assisted). In order to understand changes in productivity and changes in efficiency over time, we applied the DEA based Malmquist Index. In a second stage of the research, the levels of efficiency of each country were used as a variable dependent on a regression with panel data, seeking to find variables that affect the efficiency of high school education. The results demonstrate that Brazil was the most inefficient in applying its resources over the period of 2010-2012 and achieved only 84.3% of its potential outputs. In addition, five emergent economies were amongst the most inefficient ones in this period and four of them belong to Latin America. However, Brazil was the country that increased its productivity amid these periods, with part of this improvement being influenced by technological innovations that took place. Finally, the significant variables in explaining efficiency were the natural logarithm of the GDP per capita, the curriculum autonomy of schools, financial autonomy, the level of corruption and the socioeconomic backgrounds of students. However, the variables GDP per capita and financial autonomy presented signs opposite to that which was expected (the higher the value of these variables, the lower the efficiency index). The research findings identify how some characteristics that are beyond the control of public administrators influence the efficiency of educational systems. On the other hand, these managers have the power to decide on the autonomy that schools have in organizing their own curricula, and therefore, the focus of education's public management should be on increasing this autonomy, so that the curriculum will take the regional needs of each community into account.

Keywords: Efficiency of Public Expenditure, Secondary Education, Cross-country, PISA exam

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Uso do termo efficiency no período entre 1800 e 2008.....	41
Figura 2 - Fronteira de produção empírica e teórica	46
Figura 3 – Exemplo gráfico da fronteira de eficiência do DEA.....	49
Figura 4 - Modelos BCC e CCR com orientação input e output.....	51
Figura 5 - Fator de produtividade total com orientação output	55
Figura 6 – Resumo da aplicação do modelo DEA	101
Figura 7 – Resumo da aplicação do Malmquist Index DEA	103
Figura 8 - Mapa da Corrupção no Mundo	112

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –Taxa líquida de atendimento no mundo (ensino médio) ...	100
Gráfico 2 - Relação da EFI com GPE no período de 2010-2012	130
Gráfico 3 - Mudança de produtividade e de seus componentes	138
Gráfico 4 - Mudanças do GPE no período	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Problemas de programações lineares para cálculo do Malmquist Index DEA	59
Quadro 2 – Níveis de ensino segundo a UNESCO	61
Quadro 3– Resumo dos trabalhos que aplicaram DEA na educação em estudos cross-country	79
Quadro 4 - Países que realizaram o exame de PISA em 2012	91
Quadro 5 – Componentes do índice Malmquist Index	104
Quadro 6 – Sinais esperados para as variáveis independentes	118
Quadro 7 – Eficiência de acordo com os quartis (2010-2012)	129
Quadro 8 – Países eficientes/ineficientes em relação ao GPE (2010-2012)	131
Quadro 9 - Países que alteraram a fronteira de eficiência (CRS)	139
Quadro 10 – Resumo dos resultados encontrados no segundo estágio	151

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo do DEA	47
Tabela 2 - Artigos disponíveis na base da Scopus	63
Tabela 3 - Número de matrículas no Ensino Médio (Brasil).....	66
Tabela 4 - Nº de alunos, escolas e notas no exame de PISA no Brasil..	98
Tabela 5 - Identificação dos estimadores mais consistentes.....	117
Tabela 6 – Análise descritiva dos países que tinham dados disponíveis para realizar o DEA.....	120
Tabela 7 - Dados descritivos das variáveis independentes.....	122
Tabela 8 - Análise da eficiência com DEA em todos os países (VRS – orientação output).....	124
Tabela 9 - Malmquist - orientação output (2004-2006 → 2007-2009)	133
Tabela 10 - Malmquist - orientação output (2007-2009 → 2010-2012)	135
Tabela 11 - Malmquist - orientação output (2004-2006 → 2010-2012)	136
Tabela 12 – Descrição das variáveis e decomposição das variações between e whitin	141
Tabela 13 – Modelo com estimação por efeitos aleatórios	144
Tabela 14 - Posição do Brasil em algumas variáveis (2010-2012)	152

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- DEA** - *Data Envelopment Analysis*
BCC - Banker, Charnes e Cooper (1984)
CCR - Charnes, Cooper e Rhodes (1978)
CRS - *Constant Return to Scales*
CPI - *Corruption Perception Index*
EFFCH - *Efficiency Change*
FDH - *Free Disposal Hull*
GCI - *Gallup Corruption Index*
ISCED - *International Standard Classification of Education*
OLS - Ordinary Last Squares
ONU - *Organização das Nações Unidas*
OECD - *Organization for Economic Co-operation and Development*
PPP - *Purchasing Power Parity*
PNE - Plano Nacional de Educação
PIB - Produto Interno Bruto
PISA - *Programme for International Student Assessment*
PEEFCH - *Pure Efficiency Change*
RQA - *Research Quantum Allocation*
SCH - *Scale Change*
SFA - *Stochastic Frontier Analysis*
TECHC - *Technical Change*
TI - *Transparency International*
TIMSS - *Trends in International Mathematics and Science Study*
DMU - *Decision Making Units*
VRS - *Variable Return to Scales*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	29
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	29
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	31
1.3	OBJETIVOS	32
1.3.1	Objetivo geral.....	32
1.3.2	Objetivos específicos	33
1.4	MOTIVAÇÃO E CONTRIBUIÇÃO	33
1.5	DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	36
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	38
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	39
2.1	EDUCAÇÃO E POLÍTICAS PÚBLICAS	39
2.2	EFICIÊNCIA E A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO	41
2.4	ESTUDOS COM O DEA EM EDUCAÇÃO	45
2.4.1	Mudanças de produtividade por meio do Malmquist Index...	54
2.5	ENSINO PRIMÁRIO, SECUNDÁRIO E TERCIÁRIO	60
2.6	ESTUDOS SIMILARES	62
2.6.1	Estudos similares em sistemas educacionais internos.....	63
2.6.2	Estudos similares no sistema educacional brasileiro.....	66
2.6.3	Estudos com análises cross-country	70
3	MÉTODO DE PESQUISA.....	91
3.1	UNIVERSO DA PESQUISA E ANOS DE ANÁLISE	91
3.2	COLETA DOS DADOS E TRATAMENTO DOS DADOS ..	93
3.3	CONSTRUTO	94
3.3.1	Primeiro estágio: DEA e Malmquist Index	94
3.3.2	Construção do modelo DEA	101
3.3.3	Construção do modelo Mamlquist Index DEA	103
3.3.4	Segundo estágio: Regressão de dados em Painel	105
3.3.5	Construção do modelo de regressão de dados em painel	115
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	119
4.1	ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS.....	119
4.2	RESULTADOS DO PRIMEIRO ESTÁGIO.....	122
4.2.1	Análise da Eficiência com o DEA (VRS)	123
4.2.2	As mudanças de eficiência com o Malmquist Index DEA..	132
4.3	RESULTADOS DO SEGUNDO ESTÁGIO.....	141
4.4	LIÇÕES PARA O BRASIL.....	151
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	155
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	158
	REFERÊNCIAS.....	161

APÊNDICES.....179

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Nos primeiros anos de vida das crianças, a educação fundamenta-se principalmente naquilo que os pais as ensinam, por meio de brincadeiras, regras, punições e exemplos. Mas é durante o período escolar que elas passam a interagir com outras crianças e com professores na sala de aula. Durante esse período, elas aprendem as qualidades básicas e essenciais que em grande parte definirão seu desenvolvimento econômico e social. A permanência desses estudantes por todo o período obrigatório e a qualidade do ensino que eles receberão dependem de inúmeros fatores.

Por décadas, os governos têm enfatizado a importância do ensino, já que o crescimento das sociedades é parcialmente explicado pelo acúmulo de capital humano, provido principalmente pela educação (ROMER, 1990). Pesquisas já demonstraram a relação da educação com diversos outros fatores, como o aumento salarial da população (MURPHY; PELTZMAN, 2004), o desenvolvimento tecnológico (FURMAN; PORTER; STERN, 2002, HUNG, 2009) e os fatores não monetários, como a redução da criminalidade (LOCHNER; MORETTI, 2004). Para alcançar o desenvolvimento e melhorar as condições sociais de sua população, países ao redor do mundo destinam uma parcela de seus recursos para o ensino, sendo que a maior parte é provida pelo setor público (AFONSO; AUBYN, 2006).

Na América do Sul, países como Bolívia, Paraguai e Peru gastaram em média US\$ 1195 por estudante secundarista no ano de 2012, em Paridade de Poder de Compra (PPP - *Parity Purchasing Power*) (UNESCO, 2016). Nesse mesmo ano, Chile e Brasil foram os países que mais investiram por estudante nesse continente (US\$ 3826 e US\$ 3514, respectivamente, em PPP). O Brasil ainda prevê a destinação de 10% do Produto Interno Bruto (PIB) para a educação - abrangendo todos os níveis educacionais. Esse percentual deve ser alcançado até o ano de 2020, conforme aprovado pelo Plano Nacional de Educação (PNE) 2011-2020. Com base no PIB de 2015, isso equivaleria a R\$ 590 bilhões destinados ao sistema educacional.

Entretanto, os investimentos públicos podem gerar resultados distintos no crescimento das nações, dependendo da forma como são alocados (COCO; LAGRAVINESE, 2014), seja pela má gestão pública, seja por outros fatores relacionados aos sistemas educacionais. Alguns

resultados (HEREDIA-ORTIZ, 2007, HANUSHEK; WOESSMANN, 2010, COCO; LAGRAVINESE, 2014), por exemplo, demonstram que a educação só gera benefícios sociais e econômicos quando ela está associada a determinado grau de qualidade, em contraposição à ideia de que os governos devem investir os recursos disponíveis com o objetivo de maximizar as taxas de atendimento escolar.

Ainda que a necessidade de universalizar as taxas de atendimento escolar do nível básico seja uma das principais metas do milênio, como proposto pela Assembleia das Organizações das Nações Unidas (ONU), em 2000, alinhar esse objetivo com a qualificação do capital humano é um desafio aos governantes. O crescimento econômico vivenciado na última década pela América Latina permitiu a expansão dos gastos públicos na área de educação. Contudo, a crise social dessas regiões e a representatividade desses investimentos em relação aos gastos totais dos governos chamaram a atenção de autoridades e acadêmicos para um outro desafio: a performance no uso desses recursos (CUELLAR, 2014).

É comum que os gestores justifiquem o fraco desempenho dos indicadores educacionais devido à falta de recursos disponíveis. No entanto, pesquisadores argumentam que o desempenho limitado do ensino público também ocorre devido à ineficiência na aplicação desses recursos (SILVA; ALMEIDA, 2012), e há uma crescente literatura evidenciando que os aumentos nos gastos em educação não estão diretamente correlacionados com a qualidade do ensino (COCO; LAGRAVINESE, 2014). Diversos estudos (HANUSHEK; KIMKO, 2000; HANUSHEK, LUQUE, 2003; COCO; LAGRAVINESE, 2014) demonstram que o aumento de investimentos nessa área não é, de maneira isolada, capaz de expandir o atendimento, aumentar a qualidade e, consequentemente, contribuir para o desenvolvimento econômico e social de uma nação.

A Contabilidade Pública é capaz de fornecer informações contábeis importantes para que os recursos possam ser alocados da melhor maneira possível, o que é algo fundamental para que as funções públicas de planejamento e controle sejam bem realizadas. Rajkumar e Swaropp (2008) complementam que o aumento no montante dos recursos aplicados só melhora o desenvolvimento de países que já possuem uma boa gestão administrativa. Por isso, Cuellar (2014) sugere que a quantidade de recursos aportados na educação não deve ser a principal discussão dos governantes, e que o foco deveria ser em como gastá-los da melhor maneira. O autor acrescenta que o processo de aprimorar os resultados educacionais deveria estar focado em fortalecer o sistema

educacional e usar os recursos alocados eficientemente, de maneira a atingir o nível necessário de desenvolvimento da região.

Portanto, aumentar o nível de eficiência tornou-se um objetivo em diferentes programas de governo, e os sistemas de ensino não se isentaram dessa tendência: eles ficaram sujeitos a diversas medidas que visavam conter os gastos e melhorar seus resultados educacionais (GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007). Essa perspectiva gerencial foi percebida em diferentes partes do mundo nas últimas décadas. Em 1998, a eficiência passou a ser um dos princípios fundamentais da administração pública brasileira, conforme a Constituição Federal de 1988. Em 2006, o relatório da *European Expert Network on Economics of Education* destacou que a eficiência deveria ser um dos principais objetivos dos sistemas educacionais europeus (OECD, 2014).

Para mensurar a eficiência de um sistema educacional, é preciso entender sua característica multidimensional. Diversos *outputs* (produtos do sistema como notas escolares, taxas de atendimento etc.) e diversos *inputs* (insumos que podem afetar a obtenção de *outputs*, como receitas, tamanhos da sala de aula, quantidade de horas em sala etc.) são necessários para caracterizar os aspectos essenciais e mensurar adequadamente a eficiência. Na prática, a relação exata entre *inputs* e *outputs* é complexa ou desconhecida, o que torna a avaliação da eficiência uma tarefa complexa (JORO; KORHONEN, 2014).

Uma alternativa comumente utilizada para a mensuração da eficiência é a técnica denominada Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA), que foi originalmente elaborada por Charnes, Cooper e Rhodes (1978). Por meio de problemas de programação linear, o DEA tem por objetivo conhecer as unidades tomadoras de decisão (chamadas de *Decision Making Units* - DMU), que conseguem maximizar a produção de *outputs* com determinado nível de *inputs* (ou minimizar o fornecimento de *inputs*, mantendo constante a quantidade de *outputs*), quando comparados seus resultados com uma fronteira de eficiência formada pelas melhores práticas de seus pares (sistemas educacionais com características semelhantes).

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Além dos *inputs* e *outputs* educacionais, outros fatores contextuais podem estar diretamente relacionados com a eficiência desses sistemas. Coleman *et al.* (1966) constataram que os recursos aplicados na escola são responsáveis por somente 10% dos resultados obtidos pelos

estudantes. O restante poderia ser explicado por características sociais, econômicas e ligadas ao *background* familiar (GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007). Esses fatores afetam tanto a qualidade do ensino, como também a eficiência na aplicação dos recursos destinados à área (COCO; LAGRAVINESE, 2014, FONCHAMNYO; SAMA, 2014, AFONSO; AUBYN, 2006). Com isso, um país pode ser ineficiente ainda que tenha uma gestão adequada de seus recursos públicos (AFONSO; AUBYN, 2006).

Entretanto, quais variáveis de fato interferem na eficiência dos sistemas educacionais ainda se encontram em debate. Não compreender exatamente as causas da ineficiência desses sistemas pode ser um problema para a sociedade, visto o papel da educação em seu desenvolvimento. Além disso, apesar de seu papel importante para a transparência, a Contabilidade Pública geralmente fornece demonstrativos de difícil compreensão para a sociedade. Indicadores como os de eficiência podem ser úteis para suprir essa carência, auxiliando na prestação de contas e no consequente controle por parte da população, já que eles demonstram a transformação dos recursos investidos em serviços prestados à comunidade.

Esse debate deve ser mais incentivado em virtude da atual queda na arrecadação fiscal e com a desaceleração da economia brasileira. Não compreender adequadamente as maneiras de tornar o gasto público eficiente pode prejudicar o oferecimento de serviços essenciais para a população, como a educação e a saúde. Assim, considerando o papel da educação como impulsionadora do crescimento econômico, a importância da utilização dos recursos de maneira eficiente, a necessidade de mais transparência no setor público e o impacto que variáveis externas possuem sobre essa eficiência, surge a seguinte pergunta de pesquisa: **quais variáveis afetam a eficiência dos gastos públicos destinados ao ensino médio em uma perspectiva *cross-country*?**

1.3 OBJETIVOS

Para responder à pergunta de pesquisa, o trabalho guia-se pelo objetivo geral e seus objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo geral

Identificar variáveis que afetam a eficiência dos gastos públicos no ensino médio em países que realizaram o exame de PISA.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Evidenciar, a partir do referencial teórico, os *inputs* e *outputs* relacionados ao *processo produtivo* da educação.
- b) Identificar, a partir do referencial teórico, o modelo de Análise Envoltória de Dados mais apropriado para atender aos objetivos da pesquisa.
- c) Elaborar o *ranking* de eficiência do ensino médio de países que realizaram o exame de PISA.
- d) Identificar variáveis que influenciam a eficiência do ensino médio de países que realizaram o exame de PISA.

1.4 MOTIVAÇÃO E CONTRIBUIÇÃO

A educação é capaz de transformar os seres humanos e é um fator chave para o desenvolvimento das nações. Manter esse sistema, no entanto, exige uma considerável quantidade de recursos que devem ser aplicados com eficiência, tanto no setor público como no privado. Este, às exigências do mercado; aquele, às exigências de toda a sociedade.

O debate em economia sobre o tamanho e o papel adequado do estado é presente desde Adam Smith. Ainda assim, a mensuração adequada do desempenho do setor público na provisão de serviços públicos é um assunto empírico delicado, e a literatura acerca do tema, especialmente sobre dados internacionais, ainda é limitada (AFONSO; AUBYN, 2005). Entretanto, independentemente do tamanho do Estado, a gestão pública precisa ser apropriada, e Hauner (2008) pondera que os gastos públicos devem ser realizados de maneira eficiente, para que assim os serviços possam ser ampliados e ofertados com maior qualidade, atendendo os anseios da população.

Compreender as características específicas de cada país e o que os torna mais bem-sucedidos do que outros não é só importante para o desenvolvimento das nações, como é um tema que intriga a academia desde o século passado, como ressalta Lucas (1988, p. 5):

Existe alguma ação que o governo da Índia poderia realizar para levar a economia de seu país a crescer como a Indonésia ou o Egito? Se sim, o que exatamente? Se não, o que acontece com a “natureza da Índia” que faz com que seja assim? A consequência para o bem-estar humano envolvido

nessas questões é simplesmente incrível: uma vez que alguém começa a pensar sobre elas, é difícil pensar sobre qualquer outra coisa.

Evidenciar os fatores que interferem na eficiência oportuniza uma avaliação das políticas públicas adotadas nos países analisados, principalmente aos que forem destacados como ineficientes no *ranking* gerado pelo DEA. Citam-se, por exemplo, os resultados encontrados por Agasisti (2014), de que os salários dos professores e o conhecimento em informática dos estudantes possuem relação significativa e positiva com a eficiência da educação. Esses resultados oferecem uma melhor compreensão de como a valorização do professor e a inserção do aluno no meio digital podem ser eficientes na obtenção de melhores resultados para essa área. Hanushek e Woessmann (2010) complementam que políticas públicas como a doação de livros às crianças pode ser uma maneira eficiente de aplicar os recursos na educação. Como o DEA permite conhecer os *benchmarks* de cada país, isso torna possível futuras comparações para entender quais políticas públicas esses países eficientes estão adotando.

Porém, os estudos sobre educação econômica (em especial, para a análise da eficiência) são usualmente realizados com foco em um único país (AGASISTI, 2011), e são raros os estudos *cross-country* direcionados a políticas educacionais no ensino médio (ARISTOVNIK; OBADIC, 2014). Deste modo, acredita-se que o trabalho pode contribuir com uma abordagem internacional, tendo como amostra uma série de países que realizaram o exame de PISA no ano de 2012.

Do ponto de vista teórico, considera-se que o debate sobre o tema é fundamental para que novas ferramentas de análise de eficiência sejam desenvolvidas e aprimoradas, com vistas a melhorar a mensuração dessas informações. Essa pesquisa contribui para o fortalecimento em literatura nacional sobre o assunto, e sobre possíveis variáveis de *outputs* e *inputs* para serem utilizadas em futuros trabalhos. A identificação de variáveis que interferem na eficiência também colabora com o fortalecimento das teorias que abordam esse tema, como a teoria econômica da educação e a teoria do capital humano.

Trabalhos como o de Liu *et al.* (2013) reforçam a relevância atual da aplicação do método DEA na área de educação. Os autores salientam que essa área tem recebido mais atenção dos pesquisadores, e que isso se deve, em parte, ao fato de o modelo DEA ter sido originalmente aplicado para avaliar a eficiência na educação pública. Além disso, destacam que o método de duas etapas (*ranking* através do DEA, seguido de uma

análise de regressão para conhecer os fatores que afetam essa eficiência) é o procedimento mais frequente na literatura sobre o tema.

Ainda que a atuação do Contador tenha se transformado nos últimos anos, muitos contadores se limitam, quando muito, a aspectos fiscais e legais, esquecendo-se dos aspectos mais importantes como os gerenciais, de produtividade e de eficiência (MARION, 2015). A atual Contabilidade, compreendendo a essência sobre a forma das operações, necessita encontrar maneiras de tornar as informações mais úteis e acessíveis a todos os usuários, especialmente na área pública. A administração pública atual carece de informações confiáveis e transparentes, e é papel da contabilidade fortalecer mecanismos que permitam maior governabilidade e transparência.

Trazer a Ciência da Contabilidade para o debate sobre a mensuração da eficiência e a análise da qualidade dos gastos no setor público é importante, pois é essa ciência que permite transformar dados em informações comparáveis, com o objetivo de dar suporte às decisões tomadas pelos gestores. A contabilidade atual não busca somente demonstrar os fatos, mas também analisar estatisticamente tais resultados. Desse modo, a eficiência também deveria ser um importante indicador a ser demonstrado com os relatórios financeiros da contabilidade pública. Como tais informações são ainda mais úteis quando são comparáveis, os índices de eficiência de outros países também poderiam ser apresentados nesses relatórios. Com isso, os relatórios contábeis seriam mais ricos em informação, fortaleceriam a transparência, a governança e permitiriam um maior controle social por parte de sua população.

A adequada mensuração desses indicadores, a disponibilidade dessas informações e a prestação de contas para a sociedade colocam a Contabilidade em um papel fundamental no fortalecimento de estudos como este. Trabalhos afins, como o de Good, Borba e Maragno (2016), destacam que entidades do terceiro setor já se empenham em divulgar índices de eficiência, juntamente com os demonstrativos financeiros dessas entidades. Tal informação é complementar às informações contábeis, mas ainda raramente divulgadas de maneira integrada aos relatórios.

O debate sobre esse tema pode permitir que, no futuro, esse campo de estudo seja fortalecido dentro das áreas de administração e de contabilidade.

1.5 DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A delimitação de uma pesquisa requer a descrição dos aspectos conceitual, temporal e espacial do tema (LAKATOS; MARCONI, 2010). Nesse tópico, explicita-se o que fica dentro e fora da pesquisa (VERGARA, 1998). Com isso, delimita-se o trabalho quanto aos seus objetivos, ao espaço temporal e a sua amostra.

Quanto aos objetivos, a pesquisa delimita-se em evidenciar quais variáveis possuem relação com a eficiência do sistema educacional no nível médio, utilizando o exame de PISA como medida de qualidade da educação. Algumas dessas variáveis já foram utilizadas em estudos anteriores, mas de maneira separada e com amostras diferentes.

Além disso, delimita-se dentro de um espaço temporal, que vai do ano de 2004 a 2012, sendo que as provas do exame de PISA ocorrem a cada três anos, impedindo que tais informações sejam coletadas anualmente. As últimas edições ocorreram nos anos de 2006, 2009, 2012 e 2015. No entanto, os dados desta última prova ainda se encontravam indisponíveis no momento da realização da presente pesquisa. Os artigos abordados no referencial teórico possuem uma abrangência até o ano de 2015, com foco nos trabalhos publicados a partir de 2000, primeiro ano em que o exame de PISA foi realizado.

Por fim, delimita-se a análise dos países que realizaram o exame de PISA, pelo menos no ano de 2012. As considerações formuladas na presente pesquisa, estendem-se tão somente aos países que fazem parte da amostra. Todavia, o método aplicado é adaptável a outras amostras de países.

Já as limitações da pesquisa referem-se principalmente às características do teste de PISA, ao aspecto *cross-country*, aos efeitos cumulativos dos gastos na educação e às técnicas estatísticas utilizadas.

A amostragem realizada pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (*Organization for Economic Co-operation and Development* - OECD), na definição das escolas participantes do exame de PISA, está além do escopo dessa pesquisa, porém algumas observações sobre esse processo precisam ser identificadas, pois a amostra exclui alunos que:

- i) abandonaram a escola (MARTELETO; ANDRADE, 2013); e
- ii) repetiram muitas vezes de ano (GAMBOA; WALTENBERG, 2012).

Essas limitações poderiam aumentar virtualmente a média geral do exame - e consequentemente da qualidade do ensino - em países que possuem um alto nível de reprovação e elevado índice de desistência. O

exame de PISA também não leva em consideração que países podem ter diferentes objetivos. Por exemplo, se um país tem um elevado índice de crianças fora da escola, pode ser que as prioridades desse governo sejam de ampliar o acesso, independente da qualidade que esse ensino venha a oferecer. Por esse motivo, a taxa de atendimento também foi levada em consideração na mensuração da eficiência do ensino.

Em relação ao aspecto *cross-country*, pode-se elencar dois problemas metodológicos centrais. O primeiro é que os custos de produção no setor público crescem de maneira mais acentuada do que o nível da renda global da população. O segundo problema refere-se aos conceitos de mensuração de cada país que podem não ser definidos e avaliados exatamente da mesma maneira (HAUNER, 2008).

O retorno esperado dos investimentos em educação não deve crescer na mesma proporção que os investimentos feitos pelo setor público, ou, pelo menos, esses resultados não são esperados no curto prazo. Isso significa que os investimentos (insumos) crescem mais rápido do que os resultados do exame de PISA (produtos). Além disso, países que estão ampliando os seus gastos em educação podem se tornar ineficientes justamente por causa dessa característica.

Os gastos geram efeitos cumulativos na educação, mas os trabalhos teóricos e empíricos sobre o assunto não foram plenamente capazes de definir qual é o tempo necessário para que os efeitos desses investimentos apareçam. Assim, o presente estudo limita-se a analisar o efeito dos gastos em educação em períodos agrupados por três anos, ainda que não seja possível afirmar se esse é o tempo necessário para que os investimentos possam influenciar na qualidade ou na taxa de atendimento da educação.

Outra perspectiva sobre as pesquisas que analisam diferentes países é elencada por Afonso e Aubyn (2005). De acordo os autores, mensurar a eficiência considerando os recursos alocados ao ensino é diferente de avaliá-la em termos físicos. Países onde os bens são comparativamente mais caros poderiam ser erroneamente considerados ineficientes; enquanto países em que esses recursos - escolas, material escolar - são relativamente mais baratos poderiam aparecer como eficientes (AFONSO; AUBYN, 2005). Por isso, evitou-se a utilização de insumos escolares como os bens que determinada escola possui.

Quanto aos procedimentos metodológicos, o trabalho limita-se à utilização do DEA para a mensuração da eficiência, ainda que outras técnicas similares já tenham sido utilizadas pela literatura, como o *Free Disposal Hull* (FDH) e a *Stochastic Frontier Analysis* (SFA).

Por fim, é importante ressaltar que todas as análises, resultados e conclusões devem levar em consideração as delimitações e limitações apresentadas nesta seção.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em 5 capítulos: Introdução (1), Referencial Teórico (2), Método da Pesquisa (3), Resultados e Discussões (4), Considerações Finais (5).

O capítulo um introduz o tema contextualiza o problema que deu origem à pergunta da pesquisa. São evidenciados ainda o objetivo geral, os objetivos específicos, a motivação, as limitações e as delimitações da pesquisa.

Já o segundo capítulo diz respeito ao referencial teórico, iniciando a discussão sobre políticas públicas voltadas à educação e a explanação dos conceitos de eficiência e da função de produção educacional. Logo em seguida, a fundamentação matemática do DEA é apresentada, juntamente com uma introdução sobre o Malmquist Index aplicado ao DEA. Também são conceituados o que se entende por ensino médio na presente pesquisa, de acordo com os padrões internacionais de educação. Em seguida, são elencados diversos estudos similares realizados em um único país, incluindo um tópico específico com estudos nacionais e estudos similares em distintos países.

No quarto capítulo, são apresentados os resultados da pesquisa e as discussões pertinentes, bem como as considerações direcionadas ao contexto brasileiro. O capítulo divide-se em três tópicos centrais: análise da eficiência com o DEA, análise da evolução temporal da eficiência com o Malmquist Index e evidenciação da influência de diversas variáveis sobre a eficiência encontrada.

Por fim, o quinto capítulo traz as considerações finais da presente dissertação, indica o alcance dos objetivos propostos e a relevância dos achados para o meio acadêmico, e contribui ainda com sugestões para futuras pesquisas acadêmicas que visem aprofundar o tema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico divide-se em aspectos teóricos e apresentação de estudos similares sobre o tema. Aborda-se o papel das políticas públicas na manutenção do sistema educacional, explicita-se o que é a eficiência e como se entende a função de produção educacional que está em debate nos dias atuais. Além disso, é explicado como funciona o DEA, como é mensurada a eficiência por meio dessa técnica e é feita a apresentação do Malmquist Index. Nos tópicos seguintes, são abordados os diversos estudos similares que compuseram o referencial teórico da pesquisa, com ênfase nos trabalhos que abordaram o tema de eficiência por meio do DEA. Tais estudos dividem-se em estudos em um único país, incluindo aqueles realizados no Brasil e um tópico com os que abordaram a eficiência em diversos países (*cross-country*). Com base no referencial teórico, foram identificadas as diversas variáveis que compuseram o modelo de eficiência e o segundo estágio da presente pesquisa.

2.1 EDUCAÇÃO E POLÍTICAS PÚBLICAS

Um dos resultados mais significantivos e aceitos pela teoria econômica é o papel que o acúmulo do capital humano - em especial, por meio da educação - perfaz na explicação do crescimento das sociedades (GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007). Estudos (KRUEGER; LINDAHL, 2001, SINAESI; REENEN, 2003) têm demonstrado resultados nesse sentido, em especial em economias avançadas (HANUSHEK; WOESSMANN, 2010).

Os trabalhos de Hanushek e Kimko (2000) e Lee e Barro (2001) foram alguns dos pioneiros em evidenciar a forte relação entre educação e crescimento utilizando testes cognitivos para mensurar a qualidade do ensino – como uma *proxy* para o capital humano. Heredia-Ortiz (2007) afirma que um número considerável de trabalhos vem demonstrando uma forte relação entre o crescimento do PIB *per capita* com características do ensino, como a qualidade da educação e o tempo de permanência das crianças nas escolas.

Contudo, o foco principal da maioria dos trabalhos empíricos sobre o tema tem sido em investigar a relação desse crescimento com características quantitativas do capital humano, como os anos de escolaridade de determinada região (AFONSO; AUBYN, 2006), ainda que a qualidade da educação pareça ser um fator mais importante para explicar o desenvolvimento das sociedades (HANUSHEK;

WOESSMANN, 2008). Afonso e Aubyn (2006) comentam que os estudos sobre esse tema devem ser direcionados para a mensuração da eficiência na transformação de recursos em educação de qualidade, que pode ser avaliada por meio de testes de proficiência (KOOP; OSIEWALSKI; STEEL, 2000).

Apesar de existirem trabalhos (PRICHETT, 2001) que não encontraram relação entre a educação e o crescimento, governos continuam investindo grandes quantidades de recursos públicos nesse sistema com o objetivo de criar uma economia baseada em conhecimento (LUCAS, 1988). De acordo com Mukherjee (2007), as chamadas “novas teorias do crescimento” (*New Growth Theories*) justificam a intervenção pública na educação basicamente por três razões: i) aumento de renda da população em longo prazo; ii) maior grau de crescimento econômico; e iii) redução dos níveis de pobreza.

Para isso, Curi e Menezes-Filho (2010) sugerem que as políticas públicas busquem alcançar dois importantes objetivos: melhorar a qualidade do ensino na rede pública e ampliar as vagas oferecidas nessa rede. De acordo com Giménez, Prior e Thieme (2007), esses objetivos podem ser alcançados por meio de uma administração pública adequada.

Zagler e Durnecker (2003) argumentam ainda que os gastos públicos em educação, infraestrutura pública, pesquisa e desenvolvimento têm efeitos em longo prazo na situação econômica dos países, contribuindo inclusive com o aumento de inovações tecnológicas. Afonso, Schuknecht e Tanzi (2005) complementam que esses investimentos também melhoram o bem-estar social da comunidade.

Corsetti e Roubini (1996) investigaram o efeito dos gastos públicos sobre a produtividade na acumulação de capital humano. Nessa linha, Prichett (2001) afirma que a educação contribui para a produtividade do indivíduo, e por isso deve-se esperar uma correlação positiva entre o nível de escolaridade média e a produtividade do trabalho. Isso significa que o próprio investimento na educação pode gerar eficiência para o sistema.

Apesar de o gasto público em educação concentrar-se no ensino superior, (GIOACCHINO; SABANI, 2009), Birdsall (1996) defende que esse gasto deveria ser direcionado àqueles níveis cujos retornos sociais são maiores. Priorizar investimentos no ensino superior pode gerar uma distribuição desigual de renda no futuro, enquanto que, de maneira geral, os investimentos nos níveis básicos de educação geram melhores resultados para a população (ZHANG, 2008).

Assim, pertinente ao contexto de desenvolvimento econômico e à importância da educação, surge o debate sobre a eficiência no setor público para essa área, especialmente no que diz respeito ao ensino

médio. Já que os governantes precisam tomar decisões com um orçamento restrito, um dos fatores chave não é só como expandir os gastos públicos em educação, mas também como aumentar a eficiência desses recursos. Essa ideia é aceita pela “Nova Administração Pública” (*New Public Management*), que propõe que o setor público pode ser mais eficiente, caso adote políticas similares às adotadas pelo mercado, sem deixar que ocorram os efeitos negativos nos objetivos sociais do governo (CUELLAR, 2014).

2.2 EFICIÊNCIA E A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO EDUCACIONAL

O debate sobre a eficiência foi aprofundado com a evolução do sistema capitalista, já que na medida em que a competitividade aumentava, empresas viam-se obrigadas a otimizar o processo produtivo. Com o surgimento das Teorias Clássicas da Administração, no início do século XX, em especial com a Teoria da Administração Científica, de Frederick Taylor, a eficiência passa a ter um papel importante nas indústrias. Um outro ponto que fortaleceu a discussão sobre o tema nesse período foi a publicação do livro *Cours d'Économie Politique* de Vilfredo Frederico Damasco, publicado em 1887, que ficou conhecido como “Ótimo de Pareto” e foi posteriormente fortalecido com a publicação matemática do assunto em seu artigo no ano de 1906.

Conforme o Ngram Viewer - ferramenta criada pelo Google que permite analisar a tendência de determinadas palavras em livros desde 1800 até 2008 –, o termo passou a ser usado com mais frequência a partir do início do século XX, em comparação a outros temas, conforme pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1 – Uso do termo *efficiency* no período entre 1800 e 2008



Fonte: Ngram Viewr (2016).

Dos dias atuais até os dias presentes, o tema tem chamado a atenção de diversos estudos acadêmicos. Especificamente com a aplicação do DEA, as pesquisas abrangem uma ampla variedade de áreas e, de acordo com Liu *et al.* (2013), concentram-se majoritariamente no sistema bancário, na saúde, na agricultura, nos transportes e na educação.

Farrel (1957) explica que o conceito de eficiência deve ser diferenciado entre eficiência técnica e de alocação (*price efficiency*). Esta última refere-se à extensão na qual uma unidade combina apropriadamente os seus *inputs* e/ou *outputs*, de maneira a garantir o custo mínimo para um determinado valor de mercado, levando em conta os preços desses *inputs* e *outputs* (FARREL, 1957). Por outro lado, um processo é considerado “tecnicamente eficiente quando consegue, a partir de uma dada quantidade de insumo, extrair o máximo de produtos possíveis, de forma que os desperdícios sejam minimizados” (DINIZ, 2012, p. 75) ou se, para uma determinada quantidade de produtos produzidos, menos insumos são utilizados (FONCHAMNYO; SAMA, 2014).

Em um processo simples, com a existência de um único insumo e um único produto, a eficiência pode ser facilmente visualizada. Por exemplo, se dois trabalhadores A e B, produzem, respectivamente, 20 unidades e 10 unidades de um produto que possui exatamente as mesmas características e qualidades, em um mesmo período de tempo e sob as mesmas condições de trabalho, percebe-se que o trabalhador A é tecnicamente mais eficiente que o trabalhador B.

Entretanto, Cuellar (2014) comenta que, enquanto o conceito de eficiência é bem conhecido pela Teoria da Firma, tem-se pouco conhecimento para compreender as suas implicações na mensuração da performance pública. Conforme os conceitos econômicos básicos dessa teoria, as firmas precisam utilizar um processo produtivo adequado para transformar seus limitados insumos em produtos. De maneira similar, um dos principais objetivos do governo é achar mecanismos para potencializar os efeitos dos bens e serviços públicos sobre a população, com o menor custo possível, dado às restrições orçamentárias (CUELLAR, 2014).

Embora uma medida de eficiência seja mais simples de ser calculada quando se tem as estimativas sobre os custos dos insumos e a quantidade ou qualidade dos produtos, algumas dificuldades podem ser encontradas na mensuração empírica da eficiência dos investimentos públicos. Isso porque a mensuração desses investimentos pode ser

dificultada por fatores como a falta de dados confiáveis e as classificações orçamentárias deficientes (RIBEIRO, 2008).

Uma outra dificuldade em se utilizar o conceito de eficiência no setor público refere-se à escolha adequada dos melhores *outputs* e *inputs* a serem utilizados. Prior, Vergés e Vilardell (1993) propõem a identificação de um produto dominante que claramente identifique os resultados (*outputs*) desse setor. Nesse sentido, um grupo de produtos dominantes pode dar uma visão geral de sua performance. Conforme salienta Cuellar (2014), a identificação dos *inputs* também não é simples, pois a relação entre os produtos e os insumos nem sempre é clara no setor público.

Dentre os estudos que avaliaram a eficiência desse setor, encontram-se os de Borges e Kertens (1996), Afonso, Schuknecht e Tanzi (2005), Verna e Gavireneni (2006), Ribeiro (2008), Berker (2008), Angelopoulos, Philippopoulos e Tsionas (2008), Feeny e Rogers (2008), Adam, Delis e Kammas (2011).

Ribeiro (2008) comparou a eficiência do gasto público do Brasil com 16 países da América Latina¹ no período de 1998 a 2002. Além disso, o autor propôs a criação de um índice de desempenho nos serviços públicos relacionados diretamente às áreas de atuação do governo: administração, saúde, educação, equidade e desempenho econômico. Utilizou o DEA para medir a eficiência e estimou as relações – por meio de uma regressão truncada - entre o *score* de eficiência e algumas variáveis exógenas: PIB *per capita*; grau de escolaridade da população e medidas do desenvolvimento institucional; e o tamanho da população. Os resultados demonstram que Costa Rica, Uruguai e Chile obtiveram os melhores resultados tanto no desempenho dos serviços quanto na eficiência do gasto público. O Brasil ficou abaixo da média no quesito eficiência e em torno da média na avaliação da qualidade dos serviços públicos.

Berker (2008) destaca que a transparência e os ambientes regulatórios claros e amigáveis (*citizen-friendly*) possuem relação direta com a eficiência; enquanto Feeny e Rogers (2008) destacam que a governança é o principal determinante da eficiência dos recursos públicos. Além disso, o nível de alfabetização e as taxas de atendimento escolar permitem o controle dos desperdícios de recursos (FEENY;

¹ Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, El Salvador, Equador, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Paraguai, Peru, República Dominicana, Uruguai e Venezuela.

ROGERS, 2008). Borger e Kertens (1996) ainda destacam que os impostos locais têm relação positiva com a eficiência dos gastos públicos. Os autores analisaram os gastos municipais da Bélgica com uma variedade de técnicas paramétricas e não paramétricas, incluindo o DEA.

Angelopoulos, Philippopoulos e Tsionas (2008) analisaram países desenvolvidos e em desenvolvimento e concluíram que a eficiência depende de investimentos e abertura do país com o mercado externo. Afonso, Schuknecht e Tanzi (2005) perceberam que países com um setor público menor tendem a ser mais eficientes. Ribeiro (2008) reforça isso quando afirma que, de maneira geral, as evidências sugerem que o retorno marginal do gasto público é decrescente e existe espaço para sua redução sem que a qualidade dos serviços disponibilizados seja prejudicada.

Adam, Delis e Kammas (2011) analisaram 19 países da OECD no período de 1980 e 2000. Os autores concluíram que a qualidade de governança é mais importante do que os aspectos socioeconômicos no impacto da eficiência do setor público. Ainda mostram que países que são eficientes em seus gastos são caracterizados por regulamentações que favoreçam a população, os altos índices de transparência, a efetividade de custo e os gastos públicos diretamente conectados com as políticas de governo que são claramente definidas (ADAM; DELIS; KAMMAS, 2011).

Percebe-se assim que a eficiência do setor público pode estar relacionada a uma série de fatores que precisam ser levados em consideração para poder compreender o processo produtivo desse setor.

Porém, até mesmo nas firmas tradicionais, a produção de um produto ou serviço raramente ocorre de maneira linear e utiliza somente um insumo para produzir um só produto. Diversos insumos, como máquinas, empregados, horas etc., são utilizados para produzir inúmeros produtos e serviços. Quando são introduzidas todas as variáveis que compõem determinado processo produtivo, tem-se a denominada “função de produção”. No seu conceito básico de apresentação, a função de produção das firmas é formada por relações técnicas entre essas variáveis e descreve a máxima produção de *output* possível com o uso de determinados *inputs*. (HANUSHEK, 1979).

A aplicação da eficiência técnica no âmbito educacional possui peculiaridades em relação à aplicação desse conceito tradicional, já que a educação não possui um produto claramente delimitado. Farrel (1957) comenta que especificar a função teórica de eficiência para um processo muito complexo – como o educacional – pode ser difícil, principalmente quando não existe uma base teórica suficiente para estabelecer a relação direta entre *inputs* e *outputs*.

A atenção dada para essa relação no relatório de Coleman *et al.* (1966) foi um passo importante para dialogar sobre o tema, pois sua publicação refletiu rapidamente em diversos estudos que procuraram analisar e interpretar os diferentes resultados obtidos pelo sistema educacional. Esses estudos culminaram com a expressão conhecida como a “função de produção educacional”, que veio a substituir a simples análise entre *inputs* e *outputs*. (HANUSHEK, 1979). Os trabalhos que abordam essa função geralmente são análises estatísticas sobre a relação dos resultados educacionais – que podem ser medidos sob a forma de testes padronizados - com características dos estudantes, seus ambientes familiares e características das escolas (HANUSHEK, 1979).

Dentre os trabalhos que procuraram estimar essa função, pode-se citar os trabalhos de Lee e Barro (2001), Hanushek e Luque (2003) e Todd e Wolpin (2003), sendo que as duas primeiras pesquisas procuraram fazer isso em uma perspectiva *cross-country*.

Evidências internacionais sobre a função de produção educacional sugerem que a escola influencia positivamente os resultados acadêmicos dos alunos, mas não quando mensuradas por meio dos *inputs* tradicionalmente utilizados. Ao invés disso, o impacto da escola surge por meio da qualidade dos professores e das estruturas institucionais. Essas características podem influenciar o desempenho acadêmico em diferentes países (HANUSHEK; WOESSMANN, 2010).

Em suma, é preciso ter clara a distinção entre a eficiência técnica das firmas e a eficiência técnica dos sistemas educacionais, já que o conceito da primeira geralmente está inserido nos aspectos abordados pela Teoria da firma (COASE, 1937), enquanto a segunda está ancorada nos conceitos de teorias ainda em formação, como a Teoria da Nova Administração Pública.

Uma maneira de encontrar a eficiência de determinada entidade é baseada no conceito da fronteira de eficiência ou fronteira de produção possível. Uma técnica não paramétrica popular que trabalha com esse conceito e é comumente aplicada nas análises dos gastos públicos é o DEA (ARISTOVNIK; OBADIC, 2014).

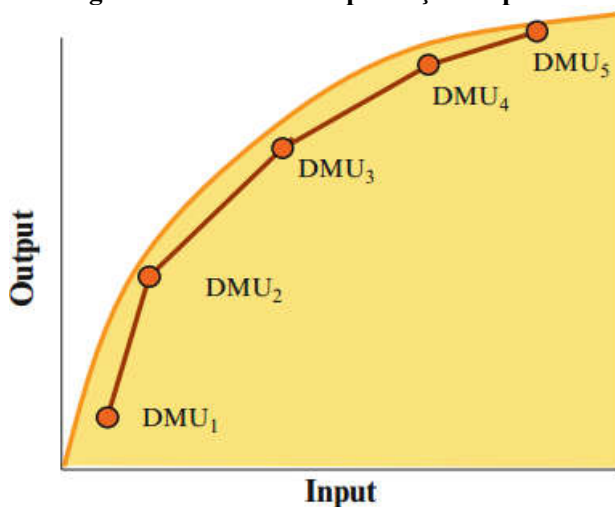
2.3 ESTUDOS COM O DEA EM EDUCAÇÃO

O DEA foi desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), com base nos pressupostos teóricos apresentados por Farrel (1957). Trata-se de uma técnica baseada em programação linear, que possui o objetivo de medir o desempenho de unidades tomadoras de decisão (SENRA *et*

al., 2007). O conceito de eficiência usualmente considerado no DEA é do ponto de vista técnico. Trata-se da eficiência na conversão de insumos em produtos/resultados, que estão relacionados à escala de operação e à capacidade gerencial de uma unidade de decisão (RIBEIRO, 2008), levando-se em consideração a sua fronteira de produção. Porém o DEA evidencia apenas uma aproximação da eficiência técnica, pois, *a priori*, não se conhece a real fronteira de eficiência. Assim, estima-se empiricamente a fronteira eficiente com base nas DMUs analisadas (JORO; KORHONEN, 2014).

A Figura 2 mostra a diferença entre essas duas fronteiras. A teórica é a externa, enquanto a empírica – formulada de acordo com as melhores práticas observadas – são as curvas lineares formadas pelos pontos DMU₁ – DMU₅ (JORO; KORHONEN, 2014).

Figura 2 - Fronteira de produção empírica e teórica



Fonte: adaptado de Joro e Korhonen (2014, p. 9).

O DEA assume geralmente a existência de uma fronteira de produção convexa, que é construída com base em métodos de programação linear. O termo “envoltória” relaciona-se ao fato de que a fronteira de produção “envolve” o conjunto de observações (AFONSO; AUBYN, 2006). Agasisti (2014) resume a eficiência técnica mensurada no DEA como a habilidade relativa de uma DMU em produzir *outputs*, dado a restrições de *inputs* existentes. O termo “relativo” significa que cada unidade é comparada com outras unidades semelhantes. Em outras

palavras, os ganhos da eficiência técnica são os movimentos das DMUs em direção a essa fronteira empírica (FONCHAMNYO; SAMA, 2014).

Isso significa que determinada firma é tecnicamente eficiente em relação a outras firmas das quais essa função é estimada, e disso deriva o termo “eficiência relativa”. Caso outras entidades sejam adicionadas à análise, elas podem reduzir, mas jamais aumentar a eficiência técnica dessas firmas. Isso parece intuitivo, já que uma empresa pode ser eficiente para os padrões britânicos, por exemplo, mas não para padrões mundiais (FARREL, 1957). Anderson, Klaassen e Nispel (2009) comentam que esse aspecto é importante, pois um valor específico de produtividade só traz informações úteis se são relacionadas a determinados padrões e, dessa maneira, podem produzir informações sobre a eficiência do processo produtivo.

Além da convexidade existente, o DEA normalmente atribui livremente os pesos para cada *input* ou *output*, de maneira a maximizar a produtividade das DMUs (AGASISTI, 2011). Os pesos utilizados são convertidos em um único *input* virtual ou um *output* virtual. A razão entre esses dois itens resulta na eficiência associada com a DMU. O resultado do *input* ou *output* virtual determina a eficiência relativa dessa DMU. A técnica utilizada é uma tentativa de encontrar a melhor unidade virtual para cada unidade real. Caso a unidade virtual seja melhor que a real por fazer mais *outputs* com a mesma quantidade de *inputs* ou fazer uma quantidade igual de *outputs* com menos *inputs*, tem-se que a unidade real é ineficiente (ARISTOVNIK; OBADIC, 2014).

Cuellar (2014) inicia a apresentação do DEA por meio de um exemplo. O autor considerou quatro países ($i = A, B, C, D$), utilizando um único *input* x_i para produzir dois *outputs* $y_{1, i}$ e $y_{2, i}$. A Tabela 1 ilustra o exemplo.

Tabela 1 – Exemplo do DEA

País	<i>Input</i>	<i>Output 1</i>	<i>Output 2</i>
País A	x_A	$y_{1, A}$	$y_{2, A}$
País B	x_B	$y_{1, B}$	$y_{2, B}$
País C	x_C	$y_{1, C}$	$y_{2, C}$
País D	x_D	$y_{1, D}$	$y_{2, D}$

Fonte: adaptado de Cuellar (2014).

Assumindo que os quatro países possuam a mesma quantidade de *inputs* ($x_A = x_B = x_C = x_D$), o país A é mais especializado (ou está mais focado) em produzir o *output 1*, enquanto o B na produção do *output 2*.

$(y_{1,A} > y_{2,A}; y_{1,B} < y_{2,B})$. O país C produz um *mix* de *outputs*, mas não produz tanto quanto os países especializados $(y_{1,B} < y_{1,C} < y_{1,A}; y_{2,A} < y_{2,C} < y_{2,B})$. Por último, o país D também tem um *mix* de produção na mesma proporção que C, mas sua performance é inferior a dele $(y_{1,D} < y_{1,C}; y_{2,D} < y_{2,C})$ (CUELLAR, 2014).

No caso do país D, primeiramente assume-se que esse país quer produzir *outputs* à mesma proporção de $y_{1,D}$ e $y_{2,D}$. Deseja-se determinar o potencial de *outputs* ($\epsilon y_{1,D}$ e $\epsilon y_{2,D}$, em que ϵ é o fator de expansão) que o país D pode atingir caso adote as práticas dos pares eficientes. Nesse sentido, o principal objetivo é maximizar o fator de expansão do país D ϵ . Para isso, precisa considerar a divisão de seus *inputs* nas suas próprias práticas e copiar o comportamento dos outros três países para produzir ambos os *outputs*. Isso pode ser representado pela restrição do *input* $\lambda_1 x_A + \lambda_2 x_B + \lambda_3 x_C + \lambda_4 x_D \leq x_D$, em que $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4 \in [0,1]$ são as intensidades (pesos) ao copiar o comportamento de outros países, e todos juntos devem ser iguais ou menor que o *input* disponível para o país D (x_D). No outro lado, as restrições dos *outputs* mostram que a soma dos pesos dos *outputs* precisa ser igual ou superior ao potencial do *output*. Nesse caso, a alocação do *input* deve produzir $\lambda_1 y_{1,A} + \lambda_2 y_{1,B} + \lambda_3 y_{1,C} + \lambda_4 y_{1,D}$ do *output* 1 e $\lambda_1 y_{2,A} + \lambda_2 y_{2,B} + \lambda_3 y_{2,C} + \lambda_4 y_{2,D}$ do *output* 2, que podem ser expandidos ao fator ϵ . Finalmente, é imposta a restrição $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = 1$, para permitir a convexidade da fronteira, levando em consideração os retornos variáveis de escala (CUELLAR, 2014).

O problema de programação linear para encontrar o fator de expansão ótimo do país D e seus pesos correspondentes pode ser descrito como:

$$Max_{\epsilon, \lambda_i} \epsilon \quad (2.1)$$

Sujeito a:

$$\lambda_1 x_A + \lambda_2 x_B + \lambda_3 x_C + \lambda_4 x_D \leq x_D \quad (2.2)$$

$$\lambda_1 y_{1,A} + \lambda_2 y_{1,B} + \lambda_3 y_{1,C} + \lambda_4 y_{1,D} \geq \epsilon y_{1,D} \quad (2.3)$$

$$\lambda_1 y_{2,A} + \lambda_2 y_{2,B} + \lambda_3 y_{2,C} + \lambda_4 y_{2,D} \geq \epsilon y_{2,D} \quad (2.4)$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = 1 \quad (2.5)$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4 \geq 0 \quad (2.6)$$

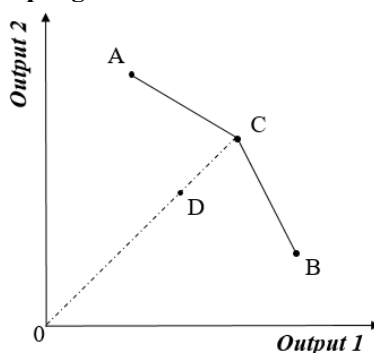
A expansão do fator ϵ mede a distância entre a produção de D e a fronteira de eficiência (melhor produção virtual), que é definida pela combinação linear que envolve os países eficientes. Caso $\epsilon^* > 1$, significa que o país em questão está dentro da fronteira (i.e., é ineficiente). Enquanto isso, $\epsilon^* = 1$ significa que o país está na fronteira (i.e., é

eficiente). λ_i reflete os pesos utilizados na programação para calcular a localização do país ineficiente (CUELLAR, 2014).

O problema de programação linear deve ser resolvido tantas vezes seja a quantidade de países na amostra (no exemplo apresentado, quatro vezes), assim, cada vez um país deve ser avaliado relativamente à performance observada de todo o grupo (CUELLAR, 2014).

A programação linear de (2.1) a (2.6) é graficamente representada na Figura 3. Ressalta-se que o DEA permite a combinação de diversos *inputs* e *outputs*, entretanto a sua representação gráfica fica impossibilitada nesses casos. O gráfico apresentado na Figura 3 só é possível pois o problema apresenta DMUs com apenas um *input* e com valores idênticos para esse insumo.

Figura 3 – Exemplo gráfico da fronteira de eficiência do DEA



Fonte: adaptado de Cuellar (2014).

Percebe-se que os países A, C e B são eficientes, enquanto o país D é ineficiente. Nesse caso, os *outputs* potenciais de D são a produção de C, mas, de maneira mais geral, poderiam ser quaisquer pontos localizados na fronteira de eficiência de acordo com a proporção de *outputs* produzidos pelo país. Da Figura 3, o fator de expansão é $OC/OD > 1$ (CUELLAR, 2014).

Expandindo a programação linear em (2.1), tem-se $i = 1, \dots, n$ países, $j = 1, \dots, k$ *inputs*, e $r = 1, \dots, m$ *outputs*, o modelo assim para um país D:

$$Max_{\varepsilon, \lambda_i} \quad \varepsilon \quad (2.7)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n x_{ji} \lambda_i \leq x_{jD} \quad (2.8)$$

$$\sum_{i=1}^n y_{ri} \lambda_i \geq \varepsilon y_{rD} \quad (2.9)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (2.10)$$

$$\lambda_i \geq 0 \quad (2.11)$$

Finalmente, os *scores* de eficiência com orientação *output* são definidos pelo inverso do fator de expansão do problema de *benchmarking* apresentado nas equações de (2.7) a (2.11), $\theta = 1/\varepsilon$ (CUELLAR, 2014).

O problema de programação linear, conforme as equações de (2.7) a (2.11), possui orientação *output*, isso significa que os *inputs* são fixados para atingir potenciais *outputs*. Em uma orientação *input*, os *outputs* seriam fixados com o objetivo de evidenciar potenciais *inputs*, conforme descrito no problema de programação linear a seguir:

$$Max_{\varepsilon, \lambda_i} \quad \varphi \quad (2.12)$$

φ

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n x_{ji} \lambda_i \leq \varphi x_{jD} \quad (2.13)$$

$$\sum_{i=1}^n y_{ri} \lambda_i \geq y_{rD} \quad (2.14)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (2.15)$$

$$\lambda_i \geq 0 \quad (2.16)$$

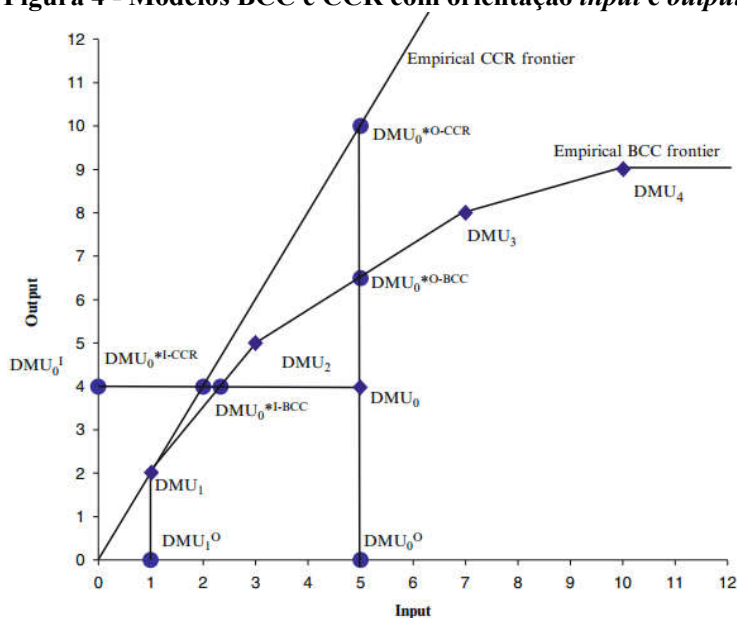
Nota-se que foi inserido o fator φ ao uso do *input*, enquanto que os *outputs* são fixos. Isso significa que a programação linear procura o fator φ , que permite a redução dos *inputs* para um certo nível de *output*. Esse modelo é utilizado para determinar os desperdícios de recursos para produzir determinados níveis de *output* (CUELLAR, 2014).

Uma outra especificação necessária para o DEA é quanto ao retorno de escalas utilizado. Os dois modelos clássicos existentes na

literatura são: Retornos Constantes de Escala (*Constant Return to Scale* – CRS) de Charnes, Cooper e Rhodes (1978), também conhecidos como modelos CCR e Retornos Variáveis de Escala (*Variable Return to Scales* - VRS) de Banker, Charnes e Cooper (1984), denominados de modelos BCC.

A Figura 4 exemplifica graficamente a diferença desses dois modelos. A DMU_0 é a única que está “envolvida” pelas duas fronteiras (CCR e BCC) e, conseqüentemente, a única ineficiente nos dois modelos. Percebe-se ainda que com o modelo BCC mais unidades são consideradas ineficientes em comparação ao modelo CCR, e isso deve-se aos retornos de escala inseridos no modelo BCC.

Figura 4 - Modelos BCC e CCR com orientação *input* e *output*



Fonte: adaptado de Joro e Korhonen (2014, p. 12).

Além disso, o modelo de DEA pode ser orientado a *output* - o quanto pode ser aumentado dos produtos sem mexer nos insumos - ou a *input* - que mensura os desperdícios de *inputs*, mantendo constante o valor dos produtos. No retorno variável de escala, existe diferença nos resultados para as DMUS ineficientes; já no retorno constante de escala,

os resultados são os mesmos. Ainda assim, ambas as orientações sempre indicam as mesmas DMUS eficientes (AFONSO; AUBYN, 2006).

A Figura 4 ajuda a identificar esse padrão. Independente da orientação, as mesmas DMUs serão consideradas eficientes. Entretanto, a economia nos *inputs* ou a necessidade de aumento nos *outputs* difere de uma orientação para a outra.

Apesar de ser utilizado e aceito pela academia, a literatura aponta uma série de vantagens e desvantagens na aplicação do DEA.

Algumas das vantagens são:

- o DEA é baseado em uma programação linear multidimensional em que é possível avaliar a relação entre múltiplos *inputs* e múltiplos *outputs* (CUELLAR, 2014; FONCHAMNYO; SAMA, 2014);
- nenhuma suposição teórica sobre a função de produção tecnológica é necessária. Ao invés disso, ela é determinada pelos próprios dados (FONCHAMNYO; SAMA, 2014) e, por consequência, não requer fortes pressupostos teóricos sobre essa função, o que é importante na análise da eficiência da educação, já que as pesquisas sobre esse assunto ainda são limitadas (AGASISTI, 2011);
- são necessários somente os valores dos *inputs* e *outputs* para que ela possa ser utilizada (JORO; KORHONEN, 2014), ou seja, o método não requer que nenhum peso seja atribuído aos *inputs* ou aos *outputs* (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007).

Algumas desvantagens são:

- como é uma ferramenta não paramétrica, existem limitações para testar estatisticamente a causalidade entre *inputs* e *outputs* ou para testar o nível de significância das variáveis (CUELLAR, 2014, FONCHAMNYO; SAMA, 2014);
- o DEA mede a eficiência relativa, e não a absoluta (FONCHAMNYO; SAMA, 2014);
- podem ocorrer distorções nos *scores* por erros de mensuração, já que existe certa sensibilidade dos dados (FONCHAMNYO; SAMA, 2014);
- os modelos de DEA perdem a capacidade discriminatória - mais DMUs se tornam-se eficientes - com o aumento do número de *inputs* e *outputs* utilizados (GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007). Isso é uma consequência lógica do DEA, já que o método assimila as melhores combinações de pesos para cada variável e para cada DMU. A seleção de uma série de pesos que combina diversos *outputs* e *inputs* é a base central da análise do DEA, em que cada DMU procura maximizar a

eficiência da razão (*outputs / inputs*) ao escolher a combinação de pesos que mais a favorece (AGASISTI, 2011);

- as variáveis do modelo DEA não podem assumir valores negativos (PASTOR, 1996).

Alguns autores propuseram técnicas para superar algumas dessas limitações. Giménez, Prior e Thieme (2007) utilizaram a análise fatorial nas variáveis contextuais utilizadas no trabalho, com o objetivo de uni-las em grupos semelhantes e minimizar os efeitos que uma grande quantidade de variáveis possui sobre o poder discriminatório do DEA.

Agasisti (2011) também sugere duas maneiras específicas de checar a robustez dos *scores* obtidos: i) realizar uma análise complementar mediante algum método semelhante de mensuração da eficiência - no caso do autor, o FDH foi utilizado -, com uma posterior análise de correlação entre os resultados obtidos; ou ii) variar a amostra das DMUs analisadas (no caso do autor, a DMU [um país] mais eficiente e a DMU menos eficiente foram retiradas da amostra) e medir a correlação entre os resultados. Os *scores* de eficiência da nova amostra apresentaram uma correlação de 0,95 (Pearson) com a amostra completa.

Apesar de ser uma técnica não paramétrica, alguns autores defendem que determinados pressupostos precisam ser levados em consideração. Hung (2009), por exemplo, explica que no DEA um *output* jamais pode diminuir com o consequente aumento de um *input*. O autor sugere que essa relação seja conhecida por meio de uma matriz de correlação.

Desde que foi primeiramente abordado por Charnes, Cooper e Rhodes, em 1978, até o ano de 2012, foram encontradas 4021 aplicações do DEA (LAMPE; HILGERS, 2014), sendo que uma série desses estudos foram aplicações na educação nos diferentes níveis educacionais. Alguns exemplos são Warning (2004), Carrington, Coelli e Rao (2005) e Hauner (2008), no ensino superior; Faria, Jannuzzi e Silva (2008) e Thieme, Giménez e Prior (2012), nos ensinos primário e secundário. No cenário nacional, percebe-se um crescimento da utilização dessa ferramenta conforme demonstram Macedo, Casa Nova e Almeida (2009).

Apesar de o foco da pesquisa ser em estudos sobre a educação, Liu *et al.* (2013) destacam a relevância da aplicação do DEA em outras áreas. Seiford e Zhu (1999) analisaram a eficiência bancária de 55 bancos comerciais americanos; Chilingirian (1995) procurou conhecer a eficiência de 36 médicos de um mesmo hospital e as variáveis relacionadas com essa eficiência; e Reinhard, Lovell e Thijssen (2000) analisaram a eficiência ambiental de fazendas holandesas e compararam

os resultados obtidos no DEA e no SFA. Esses são alguns exemplos de trabalhos que exploraram o DEA em outros segmentos.

2.3.1 Mudanças de produtividade por meio do Malmquist Index

Os modelos clássicos do DEA não permitem analisar a mudança de eficiência e de produtividade ao longo dos anos. Entretanto, diversas técnicas que foram desenvolvidas buscaram superar esse problema. Uma delas foi a proposta de Färe *et al.* (1994) de utilizarem o Malmquist Index (MALMQUIST, 1953) em conjunto com os pressupostos de eficiência técnica apresentados por Farrel (1957). Uma das vantagens desse índice é de que, para conhecer as mudanças de produtividade, os preços dos *inputs* não são mais necessários, assim como nenhuma suposição sobre os comportamentos dos *inputs* e dos *outputs*. Entretanto, assim como no trabalho de Farrel (1957), a suposição de que os insumos e produtos podem se ajustar livremente é mantida (OLLUETE; VIESTRAETE, 2010).

Para definir o índice da mudança de produtividade de Malmquist Index (com orientação *output*), Färe *et al.* (1994) salienta que é preciso assumir que, para cada período de tempo $t = 1, \dots, T$, a produção tecnológica S^t modele a transformação de *inputs*, $x^t \in \mathbb{R}_+^N$, em *outputs*, $y^t \in \mathbb{R}_+^N$, conforme a seguinte função:

$$S^t = \{(x^t, y^t): x^t \text{ pode produzir } y^t\} \quad (2.17)$$

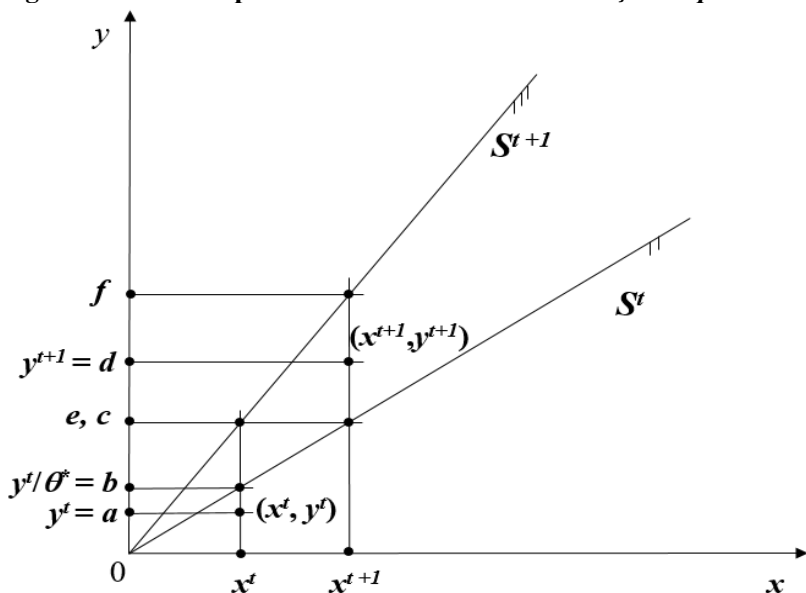
Isso quer dizer que a produção tecnológica consiste na combinação de todos os vetores de *inputs/outputs* possíveis. A função da distância orientada ao *output* pode ser definida em t como:

$$\begin{aligned} D_o^t(x^t, y^t) & \\ &= \inf\{\theta: (x^t, y^t/\theta) \in S^t\} \\ &= \sup\{\theta: (x^t, \theta y^t) \in S^t\}^{-1} \end{aligned} \quad (2.18)$$

Essa função é definida como a máxima expansão proporcional do vetor *output* y^t , dado os *inputs* x^t . No caso de a equação (2.18) ser menor ou igual a 1, têm-se que $(x^t, y^t) \in S^t$. Entretanto, se a equação (2.18) for igual a 1, considera-se a produção tecnicamente eficiente (FÄRE *et al.*, 1994). Isso pode ser melhor visualizado na Figura 5, que mostra a produção de um *input* em um único *output*, em dois distintos períodos. As fronteiras de produção ou fronteiras de tecnologia são representadas por

S^{t+1} e S^t , e os conceitos de eficiência são os mesmos aplicados ao DEA e em Farrel (1957). No caso, $(x^t, y^t) \in S^t$ e por estar dentro da fronteira de produção, mas não sob essa fronteira, tem-se que esse ponto não é tecnicamente eficiente no período t . A função distância procura o melhor aumento proporcional de *outputs* dado os *inputs* existentes, mantendo esses *outputs* dentro da produção possível. No caso, isso correria na expansão dos *outputs* até o ponto b em S^t (FÄRE *et al.*, 1994).

Figura 5 - Fator de produtividade total com orientação *output*



Fonte: adaptado de Färe *et al.* (1994).

Para poder elaborar o índice Malmquist, é preciso definir a função distância com relação a dois períodos distintos, de maneira que:

$$D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \inf\{\theta : (x^{t+1}, y^{t+1}/\theta) \in S^t\} \quad (2.19)$$

A distância dessa função mede a mudança proporcional máxima de *outputs* necessários e factíveis para fazer (x^{t+1}, y^{t+1}) em relação à tecnologia de t . Na Figura 5, é possível observar que (x^{t+1}, y^{t+1}) ocorre fora das combinações factíveis da produção no período t e indica que

houve uma mudança técnica/tecnológica entre os períodos. O valor da distância da função é calculado por $0d / 0e$ que, no caso, será maior do que 1 (FÄRE *et al.*, 1994).

As distâncias das funções podem ser mensuradas tanto em relação ao tempo t como em relação ao tempo $t+1$. Para evitar arbitrariedade na escolha de qual período deve ser o *benchmark*, Färe *et al.* (1994) definem o índice de Malmquist de mudança de produtividade como a média geométrica dos dois tipos de índices (referentes ao tempo t ou tempo $t+1$), originalmente introduzidos por Caves, Christensen e Diewert (1982), conforme demonstrado na seguinte equação:

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (2.20)$$

Esse índice pode ser descrito de maneira equivalente, como:

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right) \times \left[\left(\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (2.21)$$

Com isso, Färe *et al.* (1994) permitiram decompor o aumento da eficiência em dois componentes exclusivos e exaustivos: que são as mudanças na eficiência técnica ao transcorrer do tempo (*catching up*) e as mudanças que ocorrem devido a fatores tecnológicos/técnicos (*innovation*) (FÄRE *et al.*, 1994). Com a separação desses dois componentes, foi possível conhecer os aumentos ou diminuições na eficiência técnica e conhecer os aprimoramentos no processo de produção de cada país, sem deixar de manter constante a evolução tecnológica (LOBO *et al.*, 2009).

A parte da equação fora dos colchetes em (2.21) mede as mudanças relativas de eficiência (a mudança de quão longe a produção observada está da sua produção máxima total) entre o período t e o período $t+1$ e é denominada pelos autores de “mudança na eficiência” (*efficiency change*) (FÄRE *et al.*, 1994).

Assim, tem-se que a mudança na eficiência pode ser representada como:

$$EFFCH = \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \quad (2.22)$$

Por outro lado, a média geométrica das duas razões dentro dos colchetes captura a mudança de tecnologia entre dois períodos mensurados em x^t e x^{t+1} , denominado por Färe *et al.* (1994) de “mudanças tecnológicas” (*technical change*) e são consideradas como possíveis evidências de inovações tecnológicas, sendo descritas como:

$$TECHC = \left[\left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (2.23)$$

O Malmquist Index assume três distintos valores, sendo que os maiores do que 1 indicam que houve ganho de produtividade entre os períodos t e $t+1$; valores menores do que 1 significam que houve uma perda de produtividade entre esses períodos; e valores iguais a 1 indicam que a produtividade permaneceu inalterada (LIU; WANG, 2008). Por definição, o índice pode ser igual a 1, ainda que esses dois componentes (EFFCH e TECHC) estejam se movimentando em direções opostas (FÄRE *et al.*, 1994).

Para calcular o Malmquist Index usando as técnicas não paramétricas de Farrel (1957), assume-se que existam $k = 1, \dots, K$ países usando $n = 1, \dots, N$ inputs $x_n^{k,t}$ em cada período $t = 1, \dots, T$. Esses inputs são utilizados para produzir $m = 1, \dots, M$ outputs $y_m^{k,t}$. A referência tecnológica (ou fronteira de produção) em t pode ser construída como (FÄRE *et al.*, 1994):

$$S^t = (x^t, y^t): y_m^t \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t} \quad (2.24)$$

$$\sum_{k=1}^K z^{k,t} x_n^{k,t} \leq x_n^t \quad (2.25)$$

$$z^{k,t} \geq 0 \quad (2.26)$$

Demonstra os retornos constantes de escala e a possibilidade de os insumos e produtos se ajustarem livremente. A presunção de retornos constantes de escala pode ser relaxada ao permitir retornos decrescentes de escala e acrescentar a seguinte restrição (FÄRE *et al.*, 1994):

$$\sum_{k=1}^K z^{k,t} \leq 1 \quad (2.27)$$

Onde $z^{k,t}$ é uma variável de intensidade, que indica a qual intensidade determinada atividade pode ser empregada na produção. A princípio, o índice de produtividade de Malmquist Index poderia satisfazer qualquer tipo de retorno de escala (VRS ou CRS, por exemplo). Entretanto, na presente pesquisa, assim como em Färe *et al.* (1994), o índice será calculado em relação aos retornos constantes de escala.

Uma decomposição ainda mais avançada do Malmquist Index, desenvolvida por Färe, Grosskopf e Lovell (1994), decompõe o componente de mudança de eficiência (EFFCH) em um componente de mudança de eficiência pura (calculado em relação aos retornos variáveis de tecnologia) (PEEFCH – *purê efficiency change*) e em um componente residual da escala, que captura as mudanças de desvios entre os retornos de escalas constantes e variáveis de tecnologia (SCH – *scale change*). Isso pode ser resumido na equação (2.28):

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = TECHCH \times (PEEFCH \times SCH) \quad (2.28)$$

Observa-se que a (2.28) é também similar a (2.21), com a diferença de que a EFFCH foi substituída por (PEEFCH x SCH).

Para ser possível calcular o índice de produtividade para um país k' , é necessário resolver quatro diferentes programações lineares: $D_o^t(x^t, y^t)$, $D_o^{t+1}(x^t, y^t)$, $D_o^t(x^{t+l}, y^{t+l})$ e $D_o^{t+1}(x^{t+l}, y^{t+l})$. Usa-se o fato de que a função distância (orientação *output*) é a mesma utilizada em Farrel (1957) e é computada para cada unidade $k' = 1, \dots, K$. Todos os problemas de programação lineares são apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 – Problemas de programações lineares para cálculo do Malmquist Index DEA

<p>Programação Linear (1) $\left(D_o^t(x^{k',t}, y^{k',t})\right)^{-1} = \max \theta^{k'}$</p> <p>Sujeito a:</p> $\theta^{k'} y_m^{k',t} \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t}$ $\sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t} \leq x_n^{k',t}$ $z^{k,t} \geq 0$	<p>Programação Linear (2) $\left(D_o^{t+1}(x^{k',t+1}, y^{k',t+1})\right)^{-1} = \max \theta^{k'}$</p> <p>Sujeito a:</p> $\theta^{k'} y_m^{k',t+1} \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t+1} y_m^{k,t+1}$ $\sum_{k=1}^K z^{k,t+1} y_m^{k,t+1} \leq x_n^{k',t+1}$ $z^{k,t+1} \geq 0$
<p>Programação Linear (3) $\left(D_o^t(x^{k',t+1}, y^{k',t+1})\right)^{-1} = \max \theta^{k'}$</p> <p>Sujeito a:</p> $\theta^{k'} y_m^{k',t+1} \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t}$ $\sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t} \leq x_n^{k',t+1}$ $z^{k,t} \geq 0$	<p>Programação Linear (4) $\left(D_o^{t+1}(x^{k',t}, y^{k',t})\right)^{-1} = \max \theta^{k'}$</p> <p>Sujeito a:</p> $\theta^{k'} y_m^{k',t} \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t+1} y_m^{k,t+1}$ $\sum_{k=1}^K z^{k,t+1} y_m^{k,t+1} \leq x_n^{k',t}$ $z^{k,t+1} \geq 0$

Fonte: adaptado de Färe *et al.* (1994).

Nota-se que em (3) e (4) as observações para os dois períodos t e $t+1$ estão envolvidas. Em (3), por exemplo, a referência tecnológica na qual $(x^{k', t+1}, y^{k', t+1})$ é avaliada e construída com base em t . Desse modo, $(x^{k', t+1}, y^{k', t+1})$ não precisa pertencer a S^t e, portanto, $D_o^t(x^{k', t+1}, y^{k', t+1})$ pode assumir valores maiores do que 1 (FÄRE *et al.*, 1994). Para calcular as mudanças nas escalas de eficiência, também é necessário calcular as funções distância nos problemas de programações lineares (1) e (2), sob retornos variáveis de escala, acrescentando a seguinte restrição:

$$\sum_{k=1}^K z^{k,t} \leq 1 \text{ (VRS)} \quad (2.29)$$

Alguns trabalhos (GROSSKOPF; MOUTRAY, 2001, CASTANO; CABANDA, 2007, AGASISTI, 2014) já utilizaram o Malmquist Index DEA para mensurar as mudanças na performance do ensino. Grosskopf and Moutray (2001), em escolas públicas dos Estados Unidos, Castano e Cabanda (2007), nas universidades de Filipinas, e Agasisti (2014), em diversos sistemas educacionais de países europeus.

2.4 ENSINO PRIMÁRIO, SECUNDÁRIO E TERCIÁRIO

Como a pesquisa tem o objetivo de evidenciar as variáveis que influenciam na eficiência de distintos países, é necessário que todos esses dados sigam determinado padrão e sejam coletados de maneira semelhante, pois, caso contrário, seria impossível realizar uma pesquisa com essas diretrizes. Em razão disso, optou-se por utilizar os níveis de educação de acordo com os padrões internacionais apresentados no Padrão Internacional de Classificação da Educação (*International Standard Classification of Education – ISCED*) (ISCED 1997), atualizados pela ISCED (2011).

A ISCED foi delineada pela UNESCO no começo dos anos 1970 como uma maneira viável de montar, compilar e apresentar estatísticas da educação (ISCED, 2011). Como o sistema educacional varia de país para país - em termos de estrutura curricular e conteúdo -, pode ser difícil compará-lo ao longo do tempo e monitorar seus progressos em busca de objetivos nacionais e internacionais. Para entender e interpretar adequadamente os *inputs*, os processos e os resultados do sistema educacional, em diferentes países, é vital a existência de dados que sejam comparáveis. Isso pode ser feito aplicando a ISCED (ISCED, 2011).

No Quadro 2, são apresentadas as classificações da ISCED 0 a ISCED 3, com o objetivo de melhorar o entendimento sobre o assunto. As demais especificações e subcategorias não são evidenciadas, mas podem ser visualizadas no relatório da ISCED (2011).

Quadro 2 – Níveis de ensino segundo a UNESCO

Código	Tipo de ensino	Principais características	Duração ou idade de permanência (designada)
ISCED 0	Fase inicial do desenvolvimento da criança	É uma ponte entre a casa e a escola e introduz o ambiente escolar nas crianças.	Permanência: entre 0 e 2 anos de idade.
	Pré-Primário	Desenvolve o uso da linguagem e das habilidades sociais.	Permanência: entre 3 e a idade de entrada no ISCED 1.
ISCED 1	Primário ou primeiro estágio da educação básica (<i>Primary education</i>)	Apresenta instruções básicas de leitura, escrita e matemática, além de conhecimentos elementares de história, geografia, ciências naturais e sociais, arte e música.	Início: entre 5 e 7 anos de idade. Fim: entre 10 e 12 anos de idade. Duração: normalmente 6 anos (varia entre 4-7).
ISCED 2	Secundário básico ou segundo estágio da educação básica (<i>Lower secondary or second stage of basic education</i>)	Introduz conceitos teóricos acerca de uma ampla variedade de assuntos.	Início: entre 10 e 13 anos de idade. Fim: normalmente 15 anos (varia entre 14 e 16 anos). Duração: normalmente 3 anos (varia entre 2-5).

Código	Tipo de ensino	Principais características	Duração ou idade de permanência (designada)
ISCED 3	Secundário avançado (<i>Upper secondary education</i>)	Promove habilidades para o ensino terciário e para o mercado de trabalho.	Início: entre 17 e 18 anos de idade. Duração: normalmente 3 anos (varia entre 2-5).

Fonte: adaptado de ISCED (2011).

Como os testes de PISA são aplicados a adolescentes de 15 e 16 anos, as variáveis coletadas foram referentes ao ISCED 2 e ISCED 3. Essa escolha é condizente com uma série de estudos internacionais (ARISTOVNIK; OBADIC, 2014, CUELLAR, 2014, COCO; LAGRAVINESE, 2014). Porém, para efeito didático, utilizou-se o termo “ensino médio” para designar o nível educacional examinado na presente análise, já que esse nível compreende a faixa etária de alunos de 15 a 17 anos de idade no Brasil (BRASIL, 2016).

Entretanto, é importante frisar que o ISCED 2 e o ISCED 3 não possuem exatamente o mesmo período compreendido no ensino médio brasileiro, ainda que a coleta de dados realizada pela ISCED leve isso em consideração. A organização e coleta dessas informações são de inteira responsabilidade da UNESCO, em parceria com diversos países. A UNESCO só disponibiliza informações quando estas possuem alguma garantia de confiabilidade e fidedignidade.

Conforme já mencionado, os gastos públicos variam de país para país por diferenças estruturais em sua organização (ARISTOVNIK; OBADIC, 2014) e, caso esses padrões internacionais não fossem utilizados, ocorreriam distorções nos cálculos de eficiência.

2.5 ESTUDOS SIMILARES

Os estudos semelhantes ajudam a compreender como se encontra o “estado da arte” do presente tema. Além disso, grande parte desses estudos possuem características muito semelhantes ao presente trabalho.

De acordo com uma pesquisa realizada na base de dados do Scopus (artigos publicados entre 2000 e 31 de maio de 2015), foram encontrados 470 artigos com os eixos “*Data Envelopment Analysis*” or “*DEA*” and “*education*” or “*government expenditure*”. A Tabela 2 resume a

quantidade de artigos que abordaram especificamente a utilização do DEA em educação.

Tabela 2 - Artigos disponíveis na base da Scopus

Total de artigos encontrados na base da Scopus	470
Artigos que não abordavam o sistema educacional	182
Artigos excluídos (<i>retracted article</i>) ou revisões (<i>review</i>)	5
Total de estudos similares	285

Fonte: dados da pesquisa (2016).

Foi realizada nesta pesquisa uma busca por artigos que utilizaram o DEA para analisar a eficiência da educação em qualquer entidade que pudesse administrar um sistema educacional, como, por exemplo, municípios, estados, regiões, países, escolas básicas, escolas fundamentais, escolas de ensino médio, universidades, departamentos de universidades entre outros.

O referencial teórico utilizado na presente pesquisa não se restringiu aos encontrados na base do Scopus, já que durante o levantamento da literatura percebeu-se que alguns trabalhos importantes não constavam no período compreendido ou estavam disponíveis somente em outras bases.

Os estudos similares foram divididos em sistemas educacionais internos – referentes aos estudos que avaliaram a eficiência da educação dentro de determinado país, destinando um tópico exclusivamente aos estudos realizados no Brasil - e sistemas educacionais em uma perspectiva *cross-country*.

2.5.1 Estudos similares em sistemas educacionais internos

Diversos estudos já procuraram aplicar o DEA, ou métodos similares, na mensuração da eficiência da educação, como o FDH (OLIVEIRA; SANTOS, 2005) e o SFA (STEVENS, 2005). De acordo com Liu *et al.* (2013), apesar de o DEA já ter sido aplicado a uma ampla variedade de setores, a educação está entre as cinco áreas preferidas pelos pesquisadores. As amostras analisadas por esses trabalhos variam desde escolas municipais às universidades.

Conforme Agasisti (2011), os estudos sobre esse tema concentram-se em um único país (sistemas internos) por diversos motivos: comparabilidade dos dados, comparabilidade das estruturas

organizacionais dos sistemas de ensino e dificuldade na coleta de dados de diferentes países.

O trabalho mais relevante, de acordo com a quantidade de citações no Scopus², foi o estudo de Abbott e Doucouliagos (2003). Os autores usaram o DEA para medir a eficiência de 36 universidades da Austrália em dois ramos distintos: o ensino e a pesquisa. Os *inputs* utilizados foram a quantidade de funcionários acadêmicos (professores, assistentes etc.) e a quantidade de funcionários administrativos. Os *outputs* para o ensino foram o número de alunos equivalentes em tempo integral; número de matrículas de pós-graduação e de graduação; e número de diplomas de pós-graduação e de graduação emitidos. Já os *outputs* para a pesquisa foram a *Research Quantum Allocation* (RQA); e os gastos com pesquisa acadêmica. De acordo com Abbott e Doucouliagos (2003), a RQA é um fundo do governo que envia recursos às universidades de acordo com a produção de suas pesquisas.

Os estudos sobre a eficiência no ensino superior abrangeram diversos países. São exemplos os estudos de Athanassopoulos e Shale (1997), no Reino Unido; McMillan e Datta (1998), no Canadá; Abbott e Doucouliagos (2003) e Carrington, Coelli e Rao (2005), na Austrália; Warning (2004) e Kempkes e Phol (2010), na Alemanha; Agasisti e Dal Bianco (2006) e Agasisti e Salerno (2007), na Itália; Castano e Cabanda (2007), nas Filipinas; Chen e Chen (2011), em Taiwan.

McMillan e Datta (1998) analisaram a eficiência de 45 universidades canadenses e constataram que a quantidade de alunos em tempo integral influencia a eficiência dessas universidades. Em estudo similar, Carrington, Coelli e Rao (2005) concluíram que estudantes de meio período afetam negativamente a eficiência das universidades. Além disso, a presença de estudantes de regiões rurais ou remotas e a proporção de estudantes com um baixo *background* socioeconômico também a afetam negativamente. Por outro lado, universidades situadas em regiões não metropolitanas possuem relação positiva com a eficiência (CARRINGTON; COELLI; RAO, 2005).

Kempkes e Phol (2010) analisaram a eficiência de 72 universidades alemãs. Utilizaram como *inputs* a quantidade de funcionários do quadro administrativo, do quadro de pesquisa e os gastos realizados. Como *outputs* utilizaram o número de graduados e a quantidade de bolsas de pesquisa. Encontraram que o PIB *per capita* afeta positivamente a eficiência, mas apenas consegue explicar uma pequena

² Pesquisa no Scopus com os eixos “DEA” or “Data Envelopment Analysis” and “Education” or “government expenditure” em 31/05/2015.

parcela dela. Por outro lado, a presença das faculdades de medicina e engenharia afetam negativamente a eficiência das universidades.

Como a realidade do ensino médio é distinta do ensino superior, privilegiou-se a explanação dos trabalhos que abordavam o ensino básico (primário, fundamental e médio). A eficiência desse nível de ensino já foi abordada em distintos países, como Grosskopf e Moutray (2001), nos Estados Unidos; Hauner (2008), na Rússia; Alexander, Haug e Jaforullah (2010), na Nova Zelândia; Cherchye *et al.* (2010), na Bélgica; Sibiano e Agasisti (2013) na Itália. Na seção 2.5.2, são abordados os estudos que buscaram medir a eficiência especificamente no Brasil.

Grosskopf e Moutray (2001) mediram a alteração na performance das escolas públicas de Chicago depois do processo de descentralização, ocorrido em 1988, no sistema educacional. Utilizaram o DEA para mensurar a eficiência, e o Malmquist Index para mensurar a mudança de eficiência ao longo do período.

Na Nova Zelândia, Alexander, Haug e Jaforullah (2010) analisaram a eficiência das escolas secundárias e procuraram conhecer as variáveis - ambientais e parcialmente controláveis – que interferem nessa eficiência. A experiência e qualificação dos professores afetaram-na positivamente, enquanto o *background* socioeconômico baixo a afetaram negativamente.

Hauner (2008) utilizou uma metodologia de Afonso, Schuknecht e Tanzi (2010) e o DEA para medir a eficiência dos gastos com educação, saúde e seguridade social dos governos subnacionais da Rússia. Como *input* em educação, utilizou os gastos com educação consolidados dos governos subnacionais em cada região do país, e como *outputs* em educação, a taxa de atendimento da pré-escola, da educação primária, profissional (técnico) e profissional secundária. Os *scores* de eficiência foram regressados com uma série de potenciais variáveis correlacionadas por meio do Método dos Mínimos Quadrados. O autor constatou que um alto desempenho e a eficiência do setor público estão associados a uma menor parcela de transferências federais dos governos subnacionais, maior renda *per capita*, maior governança e um menor gasto público.

Por meio do DEA, Sibiano e Agasisti (2013) mediram o grau de eficiência do ensino secundário em diferentes regiões da Itália. Utilizaram como *input* o número de professores por estudante, e como *output*, as notas de Matemática obtidas no exame de PISA de 2009. Em um segundo estágio, utilizaram a Regressão tobit - após um procedimento de *bootstrap* - para conhecer os fatores que estavam afetando o nível de eficiência dessas regiões.

O Brasil também já realizou alguns estudos com o objetivo de analisar a eficiência do sistema educacional por meio do DEA.

2.5.2 Estudos similares no sistema educacional brasileiro

A função do estado brasileiro em prover a educação é garantida pela Constituição Federal de 1988. Para isso, o País aloca parte de seu orçamento para essa área. De acordo com o Banco Mundial (2016), o valor gasto em educação no ano de 2012 foi de 15,6% de todos os gastos públicos do governo. É importante que esses gastos sejam alocados com eficiência, de maneira a garantir as necessidades da população com o menor custo possível.

Antes de descrever os artigos que já abordaram esse tópico em cenário nacional, ressaltam-se algumas características do ensino brasileiro. Na Tabela 3 são apresentados alguns dados sobre as matrículas nos anos iniciais do ensino médio.

Tabela 3 - Número de matrículas no Ensino Médio (Brasil)

Agregação	Ano				$\Delta\%$ 2008/2014
	2008	2010	2012	2014	
TOTAL	8.366.100	8.357.675	8.376.852	8.300.189	-0,8
Urbana	8.113.439	8.068.600	8.054.373	7.963.393	-1,8
Rural	252.661	289.075	322.479	336.796	33,3
Público	7.395.577	7.369.837	7.310.689	7.229.831	-2,2
Federal	82.033	101.715	126.723	146.163	78,7
Estadual	7.177.377	7.177.019	7.111.741	7.026.734	-2,1
Municipal	136.167	91.103	72.225	56.484	-58,5
Privada	970.523	987.838	1.066.163	1.070.358	10,3

Fonte: adaptado de MEC (2016).

Os dados da Tabela 3 mostram que as matrículas em escolas públicas representam a maior parte dos alunos matriculados (87% em 2014) no Brasil. Ainda assim, enquanto houve uma redução no número de matrículas no ensino público entre 2008 e 2014, ocorreu um aumento nas matrículas no ensino privado nesse mesmo período. Além disso, houve uma redução no número de matrículas totais na ordem de 0,8%.

Curi e Menezes-Filho (2010) realizaram um estudo para conhecer o motivo de as famílias matricularem seus filhos em escolas privadas ou públicas. Nas famílias mais ricas, quase 80% dos jovens estudam em escolas privadas; já entre os mais pobres, apenas 3,5% frequentam essas mesmas escolas. A escolha do ensino privado é influenciada principalmente pela escolaridade da mãe, pela renda familiar e pela região da residência. O custo da educação e a oferta relativa de escolas privadas ou públicas afetam negativamente essa escolha (CURI; MENEZES FILHO, 2010).

Um estudo do ensino fundamental brasileiro foi realizado na tese de Diniz (2012). Com o auxílio do DEA, analisou a influência dos critérios de condicionalidade estabelecidos pelas transferências intergovernamentais municipais na eficiência dos gastos no ensino fundamental de todos os municípios brasileiros. Para isso, o autor procurou encontrar a eficiência dos recursos investidos na educação em produzir resultados nos testes de avaliação padronizados realizados pelo INEP. Tais testes constituem o cálculo do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), variável utilizada em seu trabalho.

Similar às conclusões encontradas no Relatório de Coleman *et al.* (1966), Diniz (2012) concluiu que as habilidades dos estudantes constituem-se como o fator mais relevante no desempenho educacional e, conseqüentemente, como fator relevante para a eficiência dos gastos com educação. O aumento da eficiência ocorre, pois alunos mais comprometidos geram bons resultados sem haver a necessidade de mais recursos para que isso ocorra. Seus achados reforçam que o *background* familiar e as condições socioeconômicas são significantes e positivas para explicar a eficiência encontrada. Concluiu também que o “engessamento” do sistema educacional - medido por meio da estrutura das transferências condicionais - apresentou relação significativa e negativa com a eficiência (DINIZ, 2012).

Os sistemas educacionais dos estados de Rio de Janeiro (FARIA; JANNUZZI; SILVA, 2008), Ceará (MACHADO; IRFFI; BENEGAS, 2011), São Paulo (ZOGHBI, *et al.*, 2011), Minas Gerais (SILVA, *et al.*, 2012), Rio Grande do Norte (SILVA; ALMEIDA, 2012) e Alagoas (WILBERT; D’ABREU, 2013) já foram analisados por trabalhos científicos que tinham por objetivo conhecer a eficiência do sistema educacional.

Faria, Jannuzzi e Silva (2008), com o auxílio do DEA, analisaram a relação entre as despesas sociais realizadas nos municípios do Rio de Janeiro - gastos públicos com educação e cultura, saneamento e saúde - e

indicadores da condição de vida da população. Os autores criaram uma série de modelos DEA com o objetivo de escolher aquele que mais discriminava os *scores* de eficiência. As variáveis utilizadas em educação, de acordo com o modelo que mais atendia aos objetivos da pesquisa, foram:

- *Input*: gasto *per capita* com educação e cultura; e rendimento médio mensal dos responsáveis pelos domicílios;

- *Output*: taxa de alfabetização de 10 a 14 anos; e proporção de crianças de 2 a 5 anos matriculadas em creches ou escolas de educação infantil.

Machado, Irffi e Benegas (2011) avaliaram, com o auxílio do DEA, a eficiência técnica dos gastos públicos em educação, saúde e assistência social para os municípios cearenses, referentes ao ano de 2005. Os autores encontraram que, de maneira geral, os municípios possuem um bom desempenho, mas, quando analisados individualmente, diversos ficaram muito abaixo da fronteira de eficiência. Foram utilizadas as seguintes variáveis para o cálculo da eficiência com educação:

- *Input*: gasto *per capita* com educação e cultura;

- *Outputs*: número de estabelecimentos de educação infantil, taxa de alfabetização de educação infantil e taxa de escolarização.

Zoghbi *et al.* (2011) avaliaram a eficiência de municípios paulistanos e procuraram relacioná-la com o PIB *per capita*, o tamanho da população, o partido político dos municípios e a municipalização das escolas. Além de constatarem elevados níveis de ineficiência nesses municípios, encontraram que as redes de ensino municipalizadas eram mais eficientes e possuíam mais excelência (proficiência dos alunos) do que as demais.

Silva *et al.* (2012) analisaram a eficiência de alocação dos recursos destinados à educação, saúde e habitação nos municípios de Minas Gerais, também aplicando a metodologia DEA. Os municípios apresentaram uma média baixa dos *scores* de eficiência. Dessa maneira, os autores sugerem que as práticas de gestão nos municípios mineiros devem ser revisadas no intuito de aperfeiçoar os métodos atualmente adotados. Utilizaram as seguintes variáveis:

- *Inputs*: gasto *per capita* com educação e cultura; e Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*;

- *Outputs*: taxa de atendimento das crianças de 4 a 6 anos; taxa de crescimento das crianças de 7 a 14 anos; e taxa de atendimento de adolescentes de 15 a 17 anos.

Silva e Almeida (2012) mensuraram a eficiência dos municípios do Rio Grande do Norte na utilização do Fundo de Manutenção e

Desenvolvimento do Ensino Fundamental (Fundef) e procuraram a relação da eficiência com os indicadores de avaliação educacional de 2005. Utilizaram o DEA e FDH para mensurar as fronteiras de produção da educação. Identificaram um baixo nível de eficiência do gasto público na esfera municipal. Além disso, constataram que é possível reduzir o número de reprovações no sistema com o aumento da eficiência desses investimentos. Utilizaram como variáveis:

- *Inputs*: recursos do FUNDEF destinados para educação municipal;

- *Outputs*: número de alunos matriculados, número de professores, número de escolas e salas de aula.

Dias, Cagnini, Camargo (2014) identificaram a eficiência, por meio do DEA, com que os administradores públicos investem em educação fundamental nos municípios do sudoeste do Paraná, nos anos de 2009 e 2011. Os autores perceberam que, do ano de 2009 para 2011, o número de municípios eficientes diminuiu de 16,66%, em 2009, para 7%, em 2011, mesmo tendo ocorrido um aumento nos gastos públicos. 31% dos municípios aumentaram seus *scores* de eficiência de um ano para o outro. Para tanto, os autores utilizaram as seguintes variáveis como *input* e *output*:

- *Input*: despesas com educação fundamental;

- *Outputs*: número de alunos, número de professores e escolas de cada município.

Wilbert e D'Abreu (2013) aplicaram o DEA para medir a eficiência dos gastos públicos com educação fundamental dos municípios alagoanos no período de 2007 a 2011. Evidenciaram que os municípios eficientes foram aqueles com as piores condições em termos de riqueza média e nível educacional, e que consequentemente gastaram pouco com o ensino. Já os municípios ineficientes foram aqueles que possuíam os melhores índices de PIB *per capita* e que apresentaram elevados gastos por aluno, porém ficaram com os piores desempenhos no Ideb (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica) de 2011.

- *Input*: gastos públicos com educação;

- *Output*: nota dos Ideb de 2011 para a 4ª e 8ª série do ensino fundamental em escolas municipais.

Além dos anteriormente apresentados, estudos em outros estados brasileiros já foram publicados em congressos nacionais, como, por exemplo, o trabalho de Dias, Cagnini e Camargo (2014). Entretanto, optou-se por apresentar em detalhes somente aqueles que já haviam sido publicados em periódicos.

2.5.3 Estudos com análises *cross-country*

A maioria dos estudos empíricos que analisaram a eficiência da educação, com o auxílio do DEA e em uma escala *cross-country*, tiveram como amostra os países desenvolvidos - ou uma combinação de países desenvolvidos com países em desenvolvimento. A predominância de estudos com essas amostras é justificável devido à carência de informações sobre os países em desenvolvimento. Países desenvolvidos contam com relatórios como a *Education at a Glance*, que fornece diversas informações econômicas e financeiras sobre os sistemas educacionais dos países da OECD – e alguns países parceiros. Porém, com algumas exceções, esse relatório não apresenta informações de países em desenvolvimento. Quando a amostra é muito heterogênea, os fatores contextuais são essências para explicar as diferenças estruturais entre países (AGASISTI, 2014).

Além disso, os investimentos públicos em educação variam de país para país parcialmente porque são afetados por diferenças nos sistemas educacionais, incluindo a duração de cada nível e a abrangência da educação compulsória. Soma-se o fato de que nem sempre é possível separar os gastos por nível educacional (ARISTOVNIK; OBADIC, 2014).

De acordo com Agasisti (2014), tentativas de identificar métodos viáveis para comparar a eficiência entre diferentes instituições de ensino envolvendo países não eram tão populares no passado. Os problemas relacionados à comparabilidade, homogeneidade e robustez dos dados pareciam ser mais restritivos do que as oportunidades existentes para a realização de estudos entre países. Por outro lado, esses problemas parecem menores nos dias atuais, já que bases anuais como a *Education at a Glance*, promovida pela OECD, tem o objetivo de coletar dados de diferentes sistemas de ensino por todo o mundo e torná-los comparáveis. (AGASISTI, 2014).

Dentre os estudos que já avaliaram a eficiência de países desenvolvidos e em desenvolvimento, podem-se citar os trabalhos de Heredia-Ortiz (2007), que estimou o efeito da descentralização sob a eficiência na provisão da educação primária, por meio de diferentes indicadores – taxa de atendimento, taxas de desistência e repetência, taxas de conclusão e testes de proficiência. Jafarov e Gunnarsson (2008) analisaram a eficiência da saúde, da educação e da seguridade social em diferentes países da Europa. Os *outputs* utilizados pelos autores foram as taxas de graduação, o teste de PISA e a taxa de atendimento. Thieme, Giménez e Prior (2012) analisaram a eficiência da educação de 54 países

participantes do PISA de 2006 por meio da técnica não paramétrica *Directional distance functions* (DDF). Com amostra semelhante, Aristovnik (2012) analisou a eficiência da educação nos novos países membros da União Europeia (UE) e realizou uma comparação com antigos países da União Europeia e países da OECD.

Alguns estudos tiveram como foco somente os países em desenvolvimento, como é o caso de Gupta, Verhoeven e Tiongson (2002) – 50 economias em desenvolvimento e em transição –, Herrera e Pang (2005) – 140 países em desenvolvimento –, Rayp e Sijpe (2007) – 52 países em desenvolvimento – e Cuellar (2014) – 17 países da América Latina.

Gupta, Verhoeven e Tiongson (2002) analisaram o papel dos gastos no aumento da performance educacional de 50 economias em desenvolvimento e em transição. Os autores concluíram que elevar os gastos em educação melhora o acesso e a permanência dos estudantes nas escolas. Ao invés de métodos não paramétricos como o DEA ou FHD, os autores utilizaram a regressão OLS para encontrar a performance educacional desses países.

Herrera e Pang (2005) procuraram mensurar a eficiência dos sistemas de saúde e educação. Utilizaram como *inputs* os gastos públicos em educação *per capita* em PPP; taxa de alfabetização e a quantidade de professores por aluno. Como *outputs*, utilizaram algumas variáveis pertinentes, dentre elas uma variável de aprendizagem escolar elaborada e coletada por Crouch e Fasih (2004). Em um segundo momento, procuraram encontrar a relação por meio de uma regressão tobit entre os níveis de eficiência e algumas variáveis independentes.

Rayp e Sijpe (2007) analisaram a eficiência por meio do DEA e procuraram encontrar as determinantes dessa eficiência. Encontraram que ela está relacionada principalmente com indicadores de governança e algumas características de cada sistema, como o grau de liberdade civil de cada sociedade.

Outras abordagens também já foram aplicadas em perspectiva *cross-country*. Gupta e Verhoeven (2001) utilizaram o FDH para mensurar a eficiência da educação e saúde em 37 países africanos. Em uma segunda etapa, eles compararam tais resultados com dados agrupados de outros 85 países da África, Ásia, Hemisfério Oeste, no período de 1984 a 1995. Os autores utilizaram como *input* para a educação os gastos *per capita* com educação, expressos em PPP e como *outputs* para a educação, a quantidade de matrículas em escolas primárias, quantidade de matrículas no ensino secundário e a taxa de analfabetismo

entre os adultos. Por fim, regressaram os escores de eficiência com alguns indicadores econômicos e sociais com o objetivo de conhecer a relação entre essas variáveis. Encontraram que o aumento dos gastos em educação nos países africanos aumenta o nível de eficiência dos gastos públicos.

Outros trabalhos que também analisaram a eficiência na alocação de recursos públicos são: Clements (2002), em diversos países europeus por meio do FDH; Baldacci, Guin-Siu e Mello (2003), na educação e na saúde em países em desenvolvimento; Aubyn (2003), na educação de Portugal em comparação com alguns outros países da Europa; Afonso, Schuknecht e Tanzi (2005), dos gastos públicos na OECD; Afonso, Schuknecht e Tanzi (2010), de novos países membros da União Europeia e; Deutsch, Dumas e Silber (2013), que estimaram uma função de produção de países da América Latina, incluindo o Brasil.

Em suma, percebe-se que a grande maioria dos trabalhos sobre a eficiência da educação utilizaram os gastos públicos nesse setor como *input*, e testes de proficiência como *output*. Algumas outras variações, como o trabalho de Giménez, Prior e Thieme (2007), utilizaram as horas ministradas, as instalações disponíveis, os materiais consumidos e a qualidade dos professores como variáveis de *input*. Entretanto, todas as variáveis estão diretamente relacionadas com a quantidade de recursos aplicados no sistema, com exceção da qualidade dos professores, que não depende exclusivamente desses recursos. Por esse motivo, optou-se pela utilização dos gastos como um plausível *input* educacional.

Outros trabalhos científicos (JOURMADY; RIS, 2005, AGASISTI; JOHNES, 2009, AGASISTI, 2011, WOLSZCZAK-DERLACZ; PARTEKA, 2011) foram direcionados para a análise da eficiência de universidades, em uma perspectiva *cross-country*. A ampla maioria desses trabalhos foram realizados em universidades da Europa.

A seguir, são explanados os principais estudos (AFONSO; AUBYN, 2005, 2006, GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007, AGASISTI, 2011, ARISTOVNIK; OBADIC, 2014, AGASISTI, 2014, CUELLAR, 2014, FONCHAMNYO; SAMA, 2014, COCO; LAGRAVINESE, 2014) que guiaram a escolha das variáveis utilizadas na presente pesquisa.

Afonso e Aubyn (2005) identificaram a eficiência da educação e da saúde numa amostra de países da OECD, usando duas técnicas não paramétricas (DEA e FDH). Em complemento a esse estudo, além de determinarem a eficiência por meio do DEA, Afonso e Aubyn (2006) regressaram (tobit) os *scores* de eficiência, corrigidos por um procedimento de *bootstrapping*, com algumas variáveis explicativas. Apesar de Afonso e Aubyn (2005) não realizarem o segundo estágio em

seu trabalho, os autores sugerem algumas possíveis variáveis que podem estar relacionadas com a eficiência do sistema educacional, como: setor público ineficiente, densidade de um país, composição de seu povo (miscigenação), PIB *per capita* e nível educacional da população adulta.

Giménez, Prior e Thieme (2007) procuraram conhecer a eficiência do sistema educacional de 31 países em conseguir bons resultados (*output*) na *Trends in International Mathematics and Science Study* - TIMSS³ e o impacto de diversas variáveis contextuais nessa eficiência. Os *inputs* desse modelo foram variáveis controláveis no curto e no longo prazo. Para minimizar os impactos causados no poder discriminatório do DEA, devido ao grande número de variáveis que seriam utilizadas, os autores aplicaram a Análise Fatorial para reduzir as 18 variáveis contextuais em 4 grupos distintos: i) atitudes positivas em relação aos estudos, que compreendeu as variáveis “atitudes positivas em relação à matemática e às ciências” e “tempo de estudo em casa”; ii) disponibilidade de recursos em casa, representando os recursos humanos e físicos disponíveis em suas residências, que compreendeu as variáveis de “porcentagem dos alunos com mais de 25 livros em casa”, “porcentagem dos alunos com uma mesa de estudos em casa”, “nível educacional dos pais”, “capacidade de ser autodidata em matemática” e “taxa de alfabetização”; iii) nível de renda familiar, que compreendeu as variáveis de “PIB *per capita* ajustado em paridade de poder de compra (US\$)” e “porcentagem de alunos com um computador em casa”; e iv) expectativas e concepções sobre as dificuldades nos temas, que compreendeu as variáveis “tempo de estudo em casa” e “expectativas de alcançar o ensino superior”. Para mensurar a eficiência, utilizaram uma variação dos modelos tradicionais de DEA, que levam em consideração as variáveis contextuais, conforme Lozano-Vivas, Pastor e Hasan (2001) e Lozano-Vivas, Pastor e Pastor (2002). Por fim, Giménez, Prior e Thieme (2007) propuseram um modelo para conhecer qual o potencial máximo de *output*, ou seja, conhecer como é possível melhorar o desempenho dos estudantes no TIMSS, baseado na função de produção de Johansen (1968), que permite uma ponderação entre a utilização de recursos de curto prazo e os recursos de longo prazo.

³ A TIMSS é um teste internacional de matemática e ciências, realizado com alunos do quarto ao oitavo ano nos Estados Unidos e em outros países. É patrocinado pela *Association for the Evaluation of Educational Achievement* e foi criado em 1995 com o objetivo de comparar resultados educacionais ao redor do mundo. (TIMSS, 2016).

Agasisti (2011) analisou a eficiência do ensino nas universidades em países da OECD, com o objetivo de encontrar as relações entre o papel do setor público e algumas variáveis relacionadas a esses sistemas de ensino. Com o auxílio do DEA (CCR e VSRS), utilizou como *inputs* a i) acessibilidade do sistema – mensurada por médias de taxas de entrada -; ii) a disponibilidade de recursos – compreendendo os recursos públicos e privados destinados às universidades em proporção do PIB⁴; iii) os recursos humanos, compreendendo o número e a qualidade dos professores e alunos; e iv) a razão professor/aluno, calculada com base somente nos professores com dedicação integral. O autor utilizou como *outputs*: i) a proporção da população que estuda no ensino superior, mensurada por meio da porcentagem da população que está realizando a graduação (25-34 anos)⁵; ii) empregabilidade dos graduados como uma *proxy* para o retorno privado das universidades, compreendendo a empregabilidade da população (25-64 anos) por nível de escolaridade; iii) atratividade do sistema (mensurada por meio do fluxo de estudantes de um país para o outro). No tocante ao papel do setor público, utilizaram as variáveis: “estudantes no ensino superior público”, (porcentagem dos alunos nas universidades públicas e nas privadas que dependem de recursos públicos); “recursos públicos” (participação em % dos gastos públicos no ensino superior); “subsídios” (subsídios públicos às famílias carentes e outras entidades privadas em % do gasto público total em % do PIB). Agasisti (2011) utilizou a base da *Education at a Glance* (2002-2006) na coleta de dados. O autor analisou ainda o impacto da dimensão do país na eficiência, por meio das diferenças encontradas entre os modelos VRS e CRS. Para checar a robustez dos seus resultados, utilizou o FDH e comparou os resultados (correlação de 0,4). Outro mecanismo utilizado pelo autor para checar a robustez de seus achados foi retirar da amostra a melhor e a pior performance do modelo CRS e realizar novamente o procedimento do DEA. O autor encontrou uma correlação de 0,95 entre os dois resultados.

Aristovnik e Obadic (2014) analisaram a eficiência por meio do DEA (VRS com orientação *output*) de países da OECD e da Europa, com especial atenção à Eslovênia e à Croácia, no período 1999-2007. Para isso, criaram quatro modelos com diferentes *inputs* e *outputs*. O *input*

⁴ O autor havia sugerido a utilização dos valores absolutos, mas optou por não os utilizar.

⁵ O autor também havia sugerido a utilização da porcentagem dos graduados em comparação com a população na idade típica de graduação, mas optou por não as utilizar.

utilizado no Modelo 1 foi o gasto público por estudante do ensino secundário (ISCED 2 - 4), em % do PIB *per capita* e como *outputs* a taxa de matrícula escolar no ensino primário (ISCED 1), em % do total; a média da nota de PISA em 2006; e a razão professor/aluno do ensino secundário. No Modelo 2, a razão professor/aluno do ensino secundário foi utilizada com um *input*; e as outras variáveis continuaram as mesmas. Isso demonstra que as variáveis utilizadas podem comportar-se como *inputs* ou como *outputs*, dependendo do que está se querendo medir. No Modelo 3, foi utilizada somente a razão professor/aluno do ensino secundário como *input* e, como *output*, foi utilizada a média da nota de PISA em 2006; e a taxa de atendimento do ensino superior, em % do total. No último Modelo (4), a taxa de atendimento do ensino básico, em % do total, foi utilizada como *input*, e a média do exame de PISA, em 2006; a taxa de atendimento do ensino superior, em % do total, foi utilizada como *outputs*.

Agasisti (2014) realizou um estudo empírico por meio do DEA (VRS com orientação *output*), comparando a eficiência dos gastos públicos com educação em 20 países da Europa durante o período de 2006 a 2009. A eficiência foi medida em dois períodos, utilizando a média dos dados de 2004-2006 e a média dos dados de 2007-2009. A habilidade média dos estudantes com 15 anos de idade é utilizada como *output* do processo educacional e mensurada por meio das notas do exame de PISA em matemática e ciências nas edições de 2006 e 2009. Entretanto, somente as notas de matemática foram empregadas como *output*. Foram utilizados como *input* os gastos por estudante em PPP em US\$, como uma *proxy* para o investimento destinado à educação; e a razão professor/aluno, como uma *proxy* para a intensidade do processo educacional e os recursos humanos envolvidos nesse processo. Os *scores* de eficiência foram reajustados utilizando o *bootstrap* DEA de Simar e Wilson (1998), e o Malmquist Index foi utilizado para mensurar as mudanças da eficiência no período 2006-2009. Em um segundo momento, esses *scores* foram utilizados como a variável dependente de uma regressão múltipla (*Ordinary Least Squares* - OLS), tendo como independentes variáveis contextuais socioeconômicas e algumas características do sistema educacional de cada país, com o objetivo de identificar os fatores associados à eficiência dos países analisados. Essas variáveis foram: i) PIB *per capita*; ii) média dos salários dos professores, em PPP em US\$ - como uma *proxy* para a qualidade do processo educacional; iii) proporção dos estudantes com acesso regular à Internet na escola e em casa, como uma *proxy* para o conhecimento tecnológico

(*digital literacy*) dos estudantes, o que, *a priori*, direta ou indiretamente, afeta os resultados acadêmicos; iv) proporção dos gastos públicos direcionados para a educação, como uma medida indireta da importância atribuída à educação pela cultura do país; v) tempo de instrução, mensurado em horas por ano, com o objetivo de entender a característica organizacional do sistema de ensino; e vi) taxa de desemprego.

Abrangendo países emergentes, Cuellar (2014) analisou a eficiência dos gastos públicos em alcançar a universalidade da educação no ensino primário e uma educação de qualidade no ensino secundário. Por meio do DEA e do FDH (orientação *input* e *output*, com especial atenção para a orientação *output*), analisou 15 países da América Latina⁶ entre 2000 e 2009 (média do período), com base nos dados do Instituto de Estatística da Unesco, do EdStats (*World Bank Education Statistics*), e dos dados da OECD. Cuellar (2014) analisou especialmente as características do ensino na Colômbia e buscou compará-las com seus pares eficientes (*peers*), com o objetivo de identificar as melhores práticas desses países. Com foco no ensino primário, o Modelo 1 utilizou como *input* os gastos públicos por estudante de escola primária, em PPP, em US\$, em preços constantes de 2005, em relação aos alunos de estudo integral (*full-time equivalents*) e, como *outputs*, i) a taxa de alfabetização da população jovem (15-24 anos), em %, representando a capacidade do governo em promover aos jovens os conhecimentos básicos de leitura e escrita; ii) a taxa de atendimento líquida nas escolas primárias, em %, representando a capacidade do governo em atingir o ensino universal nesse nível de educação; e iii) a taxa de conclusão nas escolas primárias, em %, representando o esforço do governo em conseguir manter os alunos estudando por todo o ensino primário. Esse último indicador inclui todos os alunos no último ano do ensino, e não somente aqueles que estão na idade correta. Com foco no ensino secundário, o Modelo 2 utilizou como *input* os gastos públicos por estudante de nível secundário, em PPP, em US\$, em preços constantes de 2005, quanto aos alunos de estudo integral; e como *outputs* i) a taxa de atendimento líquida nas escolas secundárias; e ii) a nota do exame de PISA (média dos resultados de matemática, ciências e leitura) representando a qualidade do ensino. Como forma de conhecer a eficiência da equipe de professores, o autor utilizou a razão professor/aluno como um *input*, em substituição aos gastos públicos, já que, de acordo com Cuellar (2014), essa variável pode ser considerada o *input* não monetário mais importante da educação. Dessa maneira, o autor

⁶ Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Guatemala, México, Nicarágua, Panamá, Paraguai, Peru, El Salvador, Uruguai e Venezuela.

fez a análise para os dois níveis de ensino e utilizou os mesmos *outputs* empregados nos modelos 1 e 2.

Fonchamnyo e Sama (2014) analisaram, com o auxílio do DEA (VRS com orientação *output*), a eficiência dos gastos públicos, de 2000 a 2012, em educação e saúde de três países africanos - Camarões, República Africana Central e Chad - e os fatores que influenciam essa eficiência. No segundo estágio, utilizaram as regressões tobit em painel e Logit Fracional de Papke e Wooldridge (1996) para determinar o efeito de fatores econômicos e organizacionais sobre essa eficiência. As variáveis de *input* foram os gastos na educação e saúde. Os *outputs* para educação foram i) taxa de atendimento; e ii) taxa de alfabetização, em % das pessoas com mais de 15 anos. Para a saúde, os *outputs* utilizados foram a taxa de mortalidade, expectativa de vida e taxa de imunização. No segundo estágio, utilizaram como variáveis independentes: i) a taxa de inflação; ii) o crescimento da economia - mensurado pelo crescimento do PIB; iii) a abertura do mercado - mensurada por meio da soma do total de exportação com a importação dividido pelo PIB; iv) o crescimento das reservas internacionais; v) a administração financeira medida pelo CPIA Index do país; vi) nível de corrupção do país, mensurado por meio do “*Corruption Perception Index*” (CPI), como uma *proxy* para o nível de corrupção no país. Todos os dados foram coletados da base de dados da *World Development Indicator* (WDI) do Banco Mundial.

Abordando uma variável inédita, Coco e Lagravinese (2014) estudaram o impacto do favoritismo/compadrio/apadrinhamento⁷ e da corrupção sobre a eficiência do sistema educacional de 34 países da OECD. O apadrinhamento foi mensurado por meio de um índice que mede a relevância percebida do trabalho duro em relação às conexões pessoais, que determinam o sucesso na vida das pessoas, elaborado pela *World Value Survey* (WVS). O DEA (VRS, orientação *output*) foi utilizado para mensurar a ineficiência dos sistemas educacionais com base na pontuação do exame de PISA. A análise foi realizada pela técnica semiparamétrica de dois estágios, de Simar e Wilson (2007), que permite obter coeficientes imparciais (*unbiased*) do DEA e que parecem ser mais adequados para a aplicação da regressão no segundo estágio. Paralelamente, por meio de uma regressão truncada, a ineficiência foi

⁷ O termo utilizado pelo autor é *cronysm*, que pode ser entendida como a prática oposta à meritocracia, em que é possível conseguir posições profissionais sem ter o merecimento para tal. Em outras palavras, pode ser entendido como a importância das relações ou vantagens pessoais na influência do sucesso (COCO; LAGRAVINESE, 2014).

explicada pelas características do sistema e outros fatores ambientais. Para a análise de eficiência, os autores utilizaram o gasto cumulativo com estudantes de 6 aos 15 anos⁸, em PPP do PIB, convertidos em US\$, por nível de educação e, como *output*, a nota de PISA (média geral entre ciências, leitura e matemática), no ano de 2009, para cada país. No segundo estágio, foram considerados alguns fatores que podem influenciar a performance escolar: i) nível de escolaridade dos pais – mensurada pela porcentagem da população (35-44 anos) que terminou pelo menos o ensino médio (ISCED 3); ii) *status* de imigrantes – mensurado pela porcentagem dos estudantes com um *background* de imigrante; iii) indicadores do mercado de trabalho – mensurado pela taxa de desemprego, com pessoas que possuem o ensino secundário, e pela renda relativa das pessoas que estão empregadas. A variável de apadrinhamento compreendeu principalmente a resposta do questionário da WVS para a pergunta “trabalho duro traz sucesso?”. Além das variáveis socioeconômicas, foram utilizadas algumas variáveis de controle pertinentes ao sistema educacional: i) número de estudantes por sala; ii) tempo de aula – mensurado como o número de dias com aula por ano, multiplicado pelo número de horas por dia. Além dessas, foram incluídas duas variáveis *dummys* (binárias): a presença de exames nacionais e inspeções no sistema educacional.

Com o objetivo de agrupar as informações dos principais trabalhos (AFONSO; AUBYN, 2005, 2006, GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007, AGASISTI, 2011, ARISTOVNIK; OBADIC, 2014, AGASISTI, 2014, CUELLAR, 2014, FONCHAMNYO; SAMA, 2014, COCO; LAGRAVINESE, 2014) abordados nesse referencial, foi montado o Quadro 3. Nesse quadro priorizou-se destacar as variáveis utilizadas por esses trabalhos.

⁸ Esses dados foram retirados do *Education at a Glance*.

Quadro 3– Resumo dos trabalhos que aplicaram DEA na educação em estudos *cross-country*

Artigo	Inputs	Outputs	Variáveis utilizadas na Regressão	
(COCO; LAGRAVINESE, 2014)	-Gastos cumulativos em educação por estudante (secundário)	-PISA em Matemática -PISA em Leitura -PISA em Ciências	-Nepotismo -Corrupção -Escolaridade dos pais -Família de imigrantes -Renda relativa da população com educação secundária	-Desemprego -Estudantes por sala -Horas ministradas por professores - <i>Dummy</i> Fez vestibular - <i>Dummy</i> Escola inspecionada
(FONCHAMNYO; SAMA, 2014)	-Gasto público em educação (% do PIB)	-Taxa de atendimento -Taxa de alfabetização	-Inflação (%) -Crescimento econômico -Abertura de mercado	-Capital estrangeiro -Gestão financeira -Corrupção

Artigo	Inputs	Outputs	Variáveis utilizadas na Regressão
(CUELLAR, 2014)	<p>(1) Eficiência dos gastos públicos em educação primária -Gasto público por estudante (primária)</p> <p>(2) Eficiência dos gastos públicos em educação secundária -Gasto público por estudante (secundária)</p> <p>(3) Eficiência da razão professores/aluno (primária) -Razão professor/aluno (%) Eficiência da razão professores/aluno (secundária)</p> <p>(4) -Razão professor/aluno (%)</p>	<p>(1) -Alfabetização de jovens -Taxa de atendimento -Taxa de conclusão (</p> <p>(2) -Taxa de atendimento - Média de PISA</p> <p>(3) -Alfabetização de jovens -Taxa de atendimento -Taxa de conclusão</p> <p>(4) -Taxa de atendimento -Média de PISA</p>	Não realizou o segundo estágio
(AGASISTI, 2014)	<p>-Razão professor/aluno -Gastos por estudante</p>	<p>-PISA em Matemática - PISA em Ciências</p>	<p>-PIB per capita -% do gasto público em educação</p> <p>-Salários dos professores</p> <p>-Acesso à Internet -Instrução</p> <p>-Desemprego</p>

Artigo	Inputs	Outputs	Variáveis utilizadas na Regressão
(ARISTOVNIK; OBADIC, 2014)	<p>Modelo 1 -Gasto público por estudante (secundário) (% do PIB <i>per capita</i>)</p> <p>Modelo 2 -Gasto público por estudante (secundário) (% do PIB <i>per capita</i>) -Razão professore/aluno (secundário)</p> <p>Modelo 3 -Razão professore/aluno (secundário)</p> <p>Modelo 4 -Taxa de atendimento (secundário)</p>	<p>Modelo 1 -Taxa de atendimento (secundário) -Média de PISA -Razão aluno/professor</p> <p>Modelo 2 -Taxa de atendimento -Média de PISA</p> <p>Modelo 3 -Média de PISA -Taxa de atendimento (terciário)</p> <p>Modelo 4 -Média de PISA -Taxa de atendimento (terciário)</p>	Não realizou o segundo estágio

Artigo	Inputs	Outputs	Variáveis utilizadas na Regressão
(AGASISTI, 2011)	-Taxas de entradas (terciário) -Gasto em educação (% do PIB) -Razão professor/aluno	Modelo 1 -Taxa de graduação (%) -Taxa de atendimento (terciário) (%) -Alunos estrangeiros (terciário) (%) -Taxa de emprego (25-64 anos) (%) Modelo 2 -Taxa de emprego	Modelo 2 -PIB <i>per capita</i> -Gasto em educação por estudante -Percentual de estudantes em universidades públicas (<i>versus</i> privada) -Gastos públicos (% educação terciária) -Média dos anos de educação

Artigo	Inputs	Outputs	Variáveis utilizadas na Regressão
(GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007)	Variáveis controláveis -Horas ministradas -Índice de Instalações disponíveis -Índice de Materiais consumidos - de professores Variáveis contextuais -Atitudes positivas em relação ao estudo -Disponibilidade de recursos em casa -Nível de renda da família -Expectativas e concepção da dificuldade sobre os temas	-Nota em Matemática (TIMSS) -Nota em Ciências (TIMSS)	Não realizou o segundo estágio
(AFONSO; AUBYN, 2006)	-Razão professor/aluno em escolas públicas e privadas (secundária) -Total de horas assistidas em escolas públicas	-PISA em Matemática - PISA em Leitura - PISA em Ciências -PISA em Resolução de Problemas	-Nível de escolaridade dos pais -PIB <i>per capita</i>

Artigo	Inputs	Outputs	Variáveis utilizadas na Regressão
(AFONSO; AUBYN, 2005)	-Total de tempo em horas por ano dos alunos em sala de aula em instituições públicas (alunos de 12 a 14 anos) -Número de professores por aluno nas instituições públicas e privadas do ensino secundário	-Média de PISA	Não realizou o segundo estágio

Fonte: elaborado pelo autor (2015).

De acordo com os resultados de Afonso e Aubyn (2006), a eficiência está fortemente relacionada com duas variáveis que, em princípio, no curto e médio prazos, estão além do controle dos governos e que podem ser entendidas como uma *proxy* do *background* econômico familiar, que são o PIB *per capita* e a educação dos pais. Quanto maior o PIB *per capita* ou mais elevada é a escolaridade dos pais, maior a eficiência do sistema. Por outro lado, a porcentagem do gasto público em educação em relação ao total do gasto em educação mostrou-se estatisticamente insignificante, provavelmente porque o gasto público é elevado para a maioria dos países da amostra. Concluíram que a eficiência varia consideravelmente quando as variáveis contextuais são incluídas na função de produção.

Giménez, Prior e Thieme (2007) comentam que, além de possuir um papel chave na explicação dos diferentes níveis de eficiência, a inclusão de variáveis contextuais ajuda a formar um conjunto mais homogêneo para a análise, pois diminui as diferenças das eficiências técnicas entre os países. Conforme seus achados, os resultados educacionais dos países analisados poderiam aumentar em média 10%, mantendo-se constante a mesma quantidade de *inputs*, o que representa resultado semelhante ao de Agasisti (2014). Entretanto Giménez, Prior e Thieme (2007) salientam que 6% dessa ineficiência é atribuída aos fatores ambientais, enquanto somente 4% se deve à ineficiência da administração do sistema em si. Os autores citam o exemplo de Marrocos, em que quando as variáveis ambientais não são controladas e incluídas na função, a ineficiência aumenta em 68%, exaltando os efeitos perversos dos fatores socioeconômicos sobre a administração do sistema educacional. Outro país fortemente influenciado por esse ambiente é a Indonésia (30%).

No estudo de Aristovnik e Obadic (2014), o Modelo 1 apresentou Grécia, Irlanda, Eslováquia e Romênia como eficientes. Uma característica comum desses países são os baixos gastos com educação primária. Itália e Portugal, por outro lado, foram os países mais ineficientes. Eslováquia e Croácia também foram ineficientes nesse modelo e deveriam aumentar em 19 e 10 pontos a nota de PISA, respectivamente, para tornarem-se eficientes. O Modelo 2 também indica que esses mesmos dois países foram ineficientes e que há espaço para redução dos gastos públicos na área. Itália e Portugal mantiveram-se novamente entre os países mais ineficientes. No Modelo 3, somente 4 países foram considerados eficientes (Finlândia, Japão, Lituânia e Suécia). No modelo 4, 3 países formaram a fronteira de eficiência, incluindo o México. Isso se deu principalmente, pois este país possui uma

taxa de atendimento do ensino básico relativamente baixa quando comparado com os outros países. Afonso e Aubyn (2006) optaram por excluir o México de suas análises justamente por considerá-lo um *outlier*. Aristovnik e Obadic (2014) concluíram que a grande maioria dos países sofrem de um alto nível de ineficiência no setor educacional, e ela pode ser especialmente presenciada nos novos membros da UE, na Croácia e em alguns membros menos desenvolvidos da OECD. Os autores admitem que a eficiência pode ser influenciada por fatores exógenos que não foram incluídos na pesquisa.

A Finlândia aparece novamente como um país eficiente no trabalho de Agasisti (2014). Juntam-se a esse país a Suíça e os Países Baixos (*Netherlands*). Portugal e Itália novamente aparecem como uns dos países mais ineficientes, juntamente com a Grécia. De acordo com os resultados do Malmquist Index, percebe-se uma leve diminuição na eficiência total, que pode ser justificada por duas possibilidades: i) os países já alcançaram um nível estável de eficiência; ou ii) o período considerado é muito pequeno para uma mudança geral ser perceptível. O autor concluiu que o salário dos professores e o uso da Internet estão positivamente relacionados com a eficiência. Nesse aspecto, os governos e as autoridades competentes deveriam promover iniciativas que visem aprimorar a qualidade dos profissionais envolvidos com a educação. Os resultados de Giménez, Prior e Thieme (2007), entretanto, demonstram o contrário, pois não encontraram significância estatística entre a qualidade dos professores e a eficiência. Salienta-se que a mensuração da qualidade dos professores foi calculada de maneira diferente do trabalho de Agasisti (2014). Por outro lado, o PIB *per capita* teve uma associação negativa com a eficiência, o que parece inconsistente com o que a literatura vem demonstrando (AGASISTI, 2014). Todavia o autor salienta que essa relação não é surpreendente, já que os resultados são afetados pela maneira com que a eficiência é mensurada. Ele explica que os países mais ricos investem mais em educação por aluno, porém a diferença em termos de resultados (teste de PISA) não é proporcional aos recursos aportados. Como os países mais ricos são caracterizados por um maior PIB *per capita*, a relação entre esta variável e a eficiência pode vir a ser negativa.

No trabalho de Cuelar (2014), a eficiência média dos gastos públicos no ensino primário (orientação *output*) foi de 98% com o DEA, e 99% com o FDH, sendo que os países mais ineficientes foram a Nicarágua (89%) e a Guatemala (93%). Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Equador, Paraguai e Uruguai mostraram-se eficientes. Por outro lado, analisando pela orientação *input*, Venezuela está desperdiçando entre 49% e 62% de seus recursos, pois está gastando 1,9 vezes mais que o seu

par eficiente Paraguai para obter uma combinação de *outputs* similar a esse país. El Salvador está desperdiçando 65% dos seus recursos, já que produz produtos em quantidades semelhantes ao seu par (*peer*) eficiente Equador, mas gasta 2,9 vezes mais recursos. Brasil é um dos países com o maior índice de atendimento ao ensino primário bruto - que leva em consideração os alunos que estão acima da faixa etária indicada para determinado estágio da educação – e, por esse motivo, também possui um dos maiores índices de conclusão. Além disso, o Brasil possui relativamente um alto índice de alfabetização de jovens e um índice perto da média para a taxa de matrícula líquida. Dessa forma, o País está desempenhando bem o papel de manter as crianças na escola, mas ainda possui um alto número de alunos que não correspondem a faixa etária adequada. Na avaliação da eficiência da razão professor/aluno, Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, México, Panamá, El Salvador e Uruguai foram eficientes. Venezuela aparece novamente como o país mais ineficiente, e o número de professores por alunos poderia ser reduzido em até 80%. Em relação à eficiência dos gastos no ensino secundário, os países ineficientes poderiam aumentar em média de 6 a 10% o nível de atendimento escolar e a qualidade do ensino, além de manter constantes os atuais gastos públicos por estudante. Por outro lado, os países ineficientes estão desperdiçando entre 32 e 44% de seus recursos para atingir os atuais níveis dos *outputs*. Argentina mostrou-se ineficiente no gasto público no ensino secundário. Isso se deve principalmente pela qualidade de ensino abaixo da média em relação aos outros países. Avaliando a eficiência professor/aluno no ensino secundário, percebe-se que os países ineficientes poderiam aumentar de 9 a 11% seus *outputs* educacionais, sem aumentar a quantidade de professores em sala de aula. Somente o Chile conseguiu ser eficiente nesse modelo, pois possui o menor índice de professores por aluno entre os oito países analisados no modelo e obteve os melhores índices nos dois *outputs*. Uruguai também ficou perto da fronteira de eficiência (o país menos ineficiente). Por outro lado, o Brasil ficou entre os países mais ineficientes (penúltimo no *ranking*), o que indica que a atual organização da sala de aula deveria possibilitar um maior retorno educacional aos estudantes. Argentina, Brasil, Chile e Uruguai geralmente aparecem como os países com os melhores *outputs* educacionais para um gasto público médio/alto, o que os torna eficientes ou próximos da fronteira de eficiência para o ensino primário e secundário. O sucesso dos países do Cone Sul (Argentina, Chile e Uruguai) é baseado em políticas implementadas há bastante tempo com o objetivo de alfabetizar toda sua população, de universalizar a

educação primária, aumentar as taxas de conclusões e dar passos importantes na universalização de um ensino secundário de qualidade. Assim, por meio de leis, um sistema descentralizado e organizado e o comprometimento do governo com a acumulação de capital, além do desenvolvimento econômico e uma demográfica favorável, fizeram esses países obterem bons resultados educacionais (CUELLAR, 2014).

Fonchamnyo e Sama (2014) encontraram que Camarões é o País mais eficiente na saúde e na educação. Evidenciaram ainda que a qualidade do orçamento e da administração financeira tem um efeito positivo e significativo sobre a eficiência. Esses aspectos estão ligados à *accountability* e a uma maior transparência no setor público. Além disso, o crescimento econômico e o aumento de investimentos externos no País também influenciam positivamente a eficiência. Por outro lado, a corrupção tem um efeito negativo e significativo sobre a eficiência desses gastos. Os resultados encontrados foram semelhantes tanto na utilização da regressão tobit em painel, como na regressão logit fracional. Por fim, os autores sugerem que a população deveria lutar por uma sociedade livre de corrupção, pelo aumento da transparência e da *accountability* no setor público.

No trabalho de Coco e Lagravinese (2014), países em desenvolvimento, como Polônia, México e Chile apresentaram-se ineficientes. Os três países eficientes no DEA (VRS), corrigidos com o duplo (algoritmo 2) *bootstrap* de Simar e Wilson (2007), foram Coréia do Sul, República Eslovaca e Turquia, e os mais ineficientes foram Espanha (1,106), Itália (1,108), Chile (1,120) e Israel (1,135). Para o segundo estágio, os autores apresentaram três especificações de modelos por meio da regressão truncada e do *bootstrap*. Na primeira especificação (Modelo A), todas as variáveis foram utilizadas e cinco delas mostraram-se significantes: apadrinhamento; escolaridade dos pais; renda relativa e parcela de pais imigrantes. No Modelo B, foram excluídas as variáveis binárias, e as mesmas variáveis do Modelo A mostraram-se significantes. Para o Modelo C, foram excluídas as variáveis “tamanho da sala” e “diferença nas taxas de desemprego”, ambas insignificantes nos dois primeiros modelos. Dessa maneira, o Modelo C apresentou todas as variáveis restantes como significantes, indicando que existe uma forte relação entre as variáveis socioeconômicas e os *scores* de ineficiência. Percebe-se que o apadrinhamento é sempre significativo, mesmo com diferentes especificações de modelo. Os autores interpretaram isso como uma evidência de que a performance do sistema educacional é afetada pelas recompensas que o sistema oferece. Assim, quando posições profissionais são alcançadas com base somente na influência e sem a

devida meritocracia, o retorno da educação pode ser fraco, pois a população não tem interesse de melhorar seu nível educacional, já que acreditam que isso não trará um retorno profissional proporcional aos seus esforços. Os autores também sugerem que as políticas educacionais devem ser voltadas aos estudantes com desvantagens socioeconômicas. Outro achado foi de que o tempo de aula pode aumentar a eficiência do sistema educacional. Assim, sugerem que aumentar o tempo de aula sem aumentar os custos da educação pode ser solucionado caso a carga administrativa dos professores seja reduzida. Como uma variável alternativa ao “apadrinhamento”, utilizaram a variável corrupção, mensurada por meio do *Gallup Corruption Index* (GCI), em 2010, que se mostrou positivamente significativa nas três especificações de modelo (A, B e C). Analisando as evidências como um todo, os resultados demonstram que a eficiência do sistema educacional depende mais de fatores externos e estruturais da sociedade do que do próprio sistema. As reformas mais importantes e que podem melhorar o sistema educacional são as relacionadas à transparência e *accountability*, se reduzido o nível de discricionariedade e diminuídos os comportamentos arbitrários de recrutamento, especialmente no setor público. Por fim, o autor ainda ressalta que essas características externas afetam ainda particularmente os países em desenvolvimento.

Os resultados de Agasisti (2011), que são direcionados ao ensino superior, demonstram que os gastos públicos podem influenciar positivamente para a eficiência do sistema tão somente quando eles estiverem direcionados às instituições públicas, e não por meio de subsídios. Em sua análise, o autor fez diferenciação entre os *inputs/outputs* discricionários e não discricionários, já que essa é uma possibilidade em modelos mais avançados de DEA. Encontrou que a taxa de emprego não apresenta um *output* que impacta profundamente na eficiência do sistema. Por meio da regressão tobit, não foi possível encontrar relação entre o PIB *per capita* e a eficiência na primeira especificação de modelo. Já na segunda, PIB *per capita* e a média dos anos de educação mostraram-se significativos. Encontraram também que as variáveis ambientais afetam, em média, 46% da eficiência do sistema educacional. Como exemplos de países eficientes, o autor cita o Reino Unido, que possui um modelo de ensino superior mais voltado para o mercado e atrai muitos estudantes estrangeiros para estudar nesse país e na Austrália, que vem se tornando um país referência no ensino superior. O sistema da Austrália conta com universidades essencialmente públicas, mas que cobram taxas que são subsidiadas por meio de empréstimos

estudantis. O autor ainda comenta as reestruturações que estão ocorrendo no ensino superior por toda a Europa, e que isso pode contribuir com melhores resultados, já que modelos estáticos de ensino superior podem enfrentar declínios.

Com o referencial teórico, foi possível evidenciar uma série de variáveis utilizáveis para calcular a eficiência do ensino médio. As referências ainda permitiram encontrar as variáveis que possivelmente afetam essa eficiência. Percebe-se, todavia, que diversos resultados ainda não são conclusivos. A especificação e o construto da pesquisa são apresentados a seguir, no capítulo sobre o Método da Pesquisa.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para que a pesquisa fosse realizada. Integram este capítulo a apresentação do universo, da amostra, da coleta de dados e a descrição de quais e como as técnicas foram utilizadas para a consecução dos objetivos do presente trabalho. Todas as variáveis que formam o modelo de eficiência e o modelo de regressão no segundo estágio são também evidenciadas.

3.1 UNIVERSO DA PESQUISA E ANOS DE ANÁLISE

A população da pesquisa foi composta inicialmente por 65 países ou economias que realizaram o exame de PISA no ano de 2012. Torna-se obrigatório que o país tenha pelo menos feito o exame no referido ano para que participe da pesquisa. Caso um país tenha feito o exame em anos anteriores, mas não o tenha realizado no ano de 2012, o país deixou de ser incluído na amostra. Todas as economias listadas a seguir são membros ou parceiros da OECD no exame. No Quadro 4 são apresentados os países e suas siglas.

Quadro 4 - Países que realizaram o exame de PISA em 2012

Sigla	País	Sigla	País
ALB	Albânia	LIT	Lituânia
ARG	Argentina	LUX	Luxemburgo
AST	Áustria	MAC	Macao - China
AUS	Austrália	MAL	Malásia
BEL	Bélgica	MEX	México
BRA	Brasil	MON	Montenegro
BUL	Bulgária	NET	Países Baixos
CAN	Canadá	NEW	Nova Zelândia
CHI	Chile	NOR	Noruega
COL	Colômbia	PER	Peru
COS	Costa Rica	POL	Polônia
CRO	Croácia	POR	Portugal
CYP	Chipre	QAT	Catar
CZE	República Checa	ROM	România
DEN	Dinamarca	RUS	Rússia
EST	Estônia	SER	Sérvia
FIN	Finlândia	SIN	Singapura

Sigla	País	Sigla	País
FRA	França	SLK	Eslováquia
GER	Alemanha	SLO	Eslovênia
GRE	Grécia	SPA	Espanha
HON	Hong Kong - China	SWE	Suécia
HUN	Hungria	SWI	Suíça
ICE	Islândia	TAI	Taiwan - China
IND	Indonésia	THA	Tailândia
IRE	Irlanda	TUN	Tunísia
ISR	Israel	TUR	Turquia
ITA	Itália	UAE	Estados Árabes Unidos
JAP	Japão	URU	Uruguai
JOR	Jordânia	UNK	Reino Unido
KAZ	Cazaquistão	USA	Estados Unidos da América
KOR	Coréia do Sul	VIE	Vietnã
LAT	Letônia	XAN	Xangai - China
LIE	Liechtenstein		

Fonte: elaborado pelo autor (2016).

O exame realizado na China é dividido e aplicado em distintas regiões, que são analisadas como diferentes economias (Hong Kong, Macao, Taiwan, Xangai). Montenegro e Sérvia, até junho de 2006, formavam um só país, o que dificulta a separação dos dados financeiros relativos a períodos anteriores. Assim, esses dois países só foram considerados para a análise da eficiência a partir de junho de 2006.

Por conta das variáveis utilizadas na pesquisa, optou-se por agrupar os dados em períodos de três em três anos, (2004-2006); (2007-2009); e (2010-2012). Em cada um dos períodos foi realizada uma média das variáveis (para aquelas variáveis que são coletadas anualmente, como o gasto público por estudante, por exemplo). Entretanto, algumas variáveis são coletadas somente a cada três anos (exame de PISA, por exemplo).

Como algumas variáveis são coletadas anualmente, e outras não, o país só faria parte de determinado período se tivesse ao menos dois anos de dados presentes (para as variáveis que são coletadas anualmente). Por exemplo, se um país A apresentasse a variável de *input* X (coletada anualmente) para os anos de 2004 e 2006, mas não para o ano de 2005, esse país ainda estaria apto a fazer parte das análises para esse período. Entretanto, caso um outro país B só tivesse disponível o ano de 2004 desse

mesmo *input* X, ele seria excluído da análise para o período analisado. Ainda assim, caso o país B tivesse dados suficientes em um outro período (2007-2009, por exemplo), ele poderia fazer parte da análise nesse período.

Desse modo, percebe-se que os períodos são independentes, e a indisponibilidade dos dados em um dos períodos não afeta o outro. A única exceção vale para a variável do exame de PISA e na aplicação do Malmquist Index DEA. No primeiro caso, como já explicitado, somente farão parte da amostra os países que realizaram o exame de PISA pelo menos em 2012. Já para o Malmquist Index DEA, é importante que todos os dados estejam disponíveis para todos os períodos analisados (*inputs* e *outputs*), já que se deve evitar o uso de dados desbalanceados nessa técnica.

Agasisti (2014) cita algumas razões que justificam a utilização de médias agrupadas por períodos de anos: i) uma das variáveis de *output* é coletada somente a cada três anos (PISA), então os *inputs* deveriam ser alinhados como uma janela de três anos; ii) minimiza o impacto de potenciais erros de mensuração e podem relaxar alguns problemas de *missing data* em um único ano; iii) o processo de educação é cumulativo, então considerar o papel do *input* em um período de três anos sobre o *output* pode captar parcialmente tal característica.

Essa média foi realizada para todas as variáveis de *inputs*, *outputs* e independentes que são coletadas anualmente.

3.2 COLETA DOS DADOS E TRATAMENTO DOS DADOS

As notas do exame de PISA de cada país foram obtidas diretamente do *website* da OECD. Além disso, a OECD disponibiliza uma série de informações acadêmicas e financeiras, tanto dos estudantes como de suas famílias, que são obtidas por meio de questionários aplicados juntamente com as provas. Grande parte dos dados foram coletados dos diversos relatórios disponibilizados pela OECD ao longo desse período. Outras bases de dados utilizadas foram as do Banco Mundial, do Instituto de Estatística da UNESCO (UNESCO *Institute for Statistics*) e da *Transparency International*.

Para não afetar as análises estatísticas, devido às variações existentes entre os países, optou-se pela transformação da variável PIB *per capita* em seu logaritmo natural (lnPIBPC).

Todos os dados foram organizados e tabulados com o auxílio do *software* Excel®. Os testes estatísticos, Malmquist Index e a regressão

em painel foram realizados no Stata®. Os escores de eficiência do DEA foram obtidos por meio do *software* SIAD v.3.0.

Os dados foram coletados ao longo de 2015 e atualizados em 10/06/2016.

3.3 CONSTRUTO

O método aplicado na pesquisa pode ser dividido em dois diferentes estágios. No primeiro, foi aplicado o DEA para mensurar a eficiência nos três períodos de análise (2004-2006, 2007-2009, 2010-2012). Ainda nesse estágio, o Malmquist Index DEA foi aplicado para compreender as variações ocorridas entre os períodos analisados. Já no segundo estágio da pesquisa, uma regressão em painel foi utilizada para conhecer a influência de variáveis independentes sobre a eficiência do sistema educacional desses países.

3.3.1 Primeiro estágio: DEA e Malmquist Index

A identificação das variáveis a serem utilizadas são uma parte crítica e fundamental na utilização do DEA, já que a eficiência que está sendo mensurada varia conforme a mudança dessas variáveis. É possível que a alteração de um único *input* ou de um único *output* possa levar uma entidade ineficiente a se tornar eficiente. Além disso, a eficiência pode ser influenciada por diferentes fatores, como as condições socioeconômicas, o clima, o desenvolvimento da economia etc. (MANDL; DIERX; ILZKOVITZ, 2008).

Com base no referencial teórico, as variáveis utilizadas para a aplicação do DEA são detalhadas e justificadas a seguir.

a) GASTOS PÚBLICOS EM EDUCAÇÃO (GPE)

O gasto público é a ferramenta mais importante que os governos possuem para expandir os *outputs* educacionais e aumentar o nível de educação da população. Entretanto, muitos estudos sobre o sistema educacional na América Latina concordam que ainda existe um *gap* entre o nível de *output* desejado e a situação crítica que tal região se encontra. Esse *gap* parece estar aumentando por causa do desequilíbrio entre a quantidade de recursos aportados ao sistema e as necessidades e os objetivos desses países (TADESCO; LOPEZ, 2002)

Especialmente em países em desenvolvimento, Bose, Haque e Osborn (2007) encontraram uma relação positiva durante as décadas de

70 e 80 entre os gastos públicos em educação e o crescimento dessas economias. Somado a isso, o aumento desses gastos está diretamente relacionado à ampliação do acesso e à garantia de permanência das crianças na escola (GUPTA; VERHOEVEN; TIONGSON, 2002).

As métricas utilizadas para mensurar essa variável são diversas. Os gastos públicos já foram utilizados em % do PIB (AGASISTI, 2011, FONCHAMNYO; SAMA, 2014), em % do PIB *per capita* (ARISTOVNIK; OBADIC, 2014), em gastos em educação *per capita* (GUPTA; VERHOEVEN, 2001, FARIA; JANNUZZI; SILVA, 2008, MACHADO; IRFFI; BENEGAS, 2011, SILVA *et al.*, 2012), em gasto público por estudante (CLEMENTS, 2002, ZOGHBI *et al.*, 2011) CUELLAR, 2014) e em gasto cumulativo com estudantes de 6 aos 15 anos (HANUSHEK; WOESSMANN, 2010, COCO; LAGRAVINESE, 2014).

Em princípio, os gastos cumulativos seriam a escolha mais lógica, já que garantem a alocação direta desses recursos especificamente aos estudantes que realizam o exame de PISA. No entanto, tais dados podem ser encontrados nos relatórios do *Education at a Glance* e, apesar de o Brasil possuir tais informações no exame de 2012, elas não estão disponíveis para a grande maioria dos países que compõem a pesquisa.

Desse modo, optou-se por utilizar os gastos por estudante em educação secundária, em PPP, convertidos em US\$, como o *input* utilizado na mensuração da eficiência pelo DEA. De acordo com Cuellar (2014), a utilização do gasto público com essas métricas torna a análise comparável e ainda é controlada pelo tamanho do sistema educacional. O autor comenta que o uso de um indicador como o investimento público em relação ao PIB deve ser evitado, pois tal variável está mais associada às políticas de governo do que ao gasto em si.

O gasto público por estudante do ensino médio em PPP em US\$ (GPE) é coletado anualmente pela UNESCO.

b) EXAME DE PISA (PISA)

Já foi demonstrado que a qualidade da educação explica ao menos parte do desenvolvimento econômico e social das nações (HANUSHEK; WOESSMANN, 2008). Dessa forma, estudos como os de Hanushek e Kimko (2000) e Lee e Barro (2001) foram alguns dos pioneiros em utilizar os testes cognitivos como uma *proxy* para a qualidade da educação e do capital humano de um país. Seus resultados convergem para uma relação forte entre crescimento e esses testes (HANUSHEK; KIMKO,

2000, LEE; BARRO, 2001). Heredia-Ortiz (2007) reforça que quando o capital humano é mensurado em função do tempo de estudo e da qualidade de aprendizagem, tem-se uma forte relação com o crescimento do PIB *per capita*.

Apesar das limitações da performance acadêmica como medida de qualidade da educação, a necessidade de realizar análises comparativas entre países fez surgir os testes internacionais de conhecimentos padronizados (GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007). Uma das justificativas para a criação desses testes foi a necessidade de que os estudos sobre esse tema fossem direcionados à mensuração da eficiência na transformação de recursos em educação de qualidade (AFONSO; AUBYN, 2006), pois a educação só se torna de fato produtiva quando consegue alcançar melhorias nesses testes (COCO; LAGRAVINESE, 2014).

De fato, Agasisti (2014, p. 543) considera a fotografia da performance educacional medida dessa forma incompleta:

Como a educação é um processo em que diversos *inputs* (habilidades dos estudantes, características das escolas, características institucionais, dinheiro investido no setor etc.) são combinados para “produzir” habilidades e competências estudantis, é importante definir um quadro *input:output* para avaliar o quão diferente é a performance dos sistemas educacionais. Em outras palavras, o conceito de “eficiência” requer a normalização dos resultados (*outputs*) por meio dos *inputs* usados no processo.

Soma-se a isso o fato de que esses testes não levam em consideração a possibilidade de os governos possuírem distintos objetivos e que outros atributos acrescentados à vida dos estudantes pelo sistema educacional não são levados em consideração (GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007).⁹ Ainda assim, testes desse gênero são amplamente utilizados pela literatura, visto que usam um mesmo critério de avaliação em diferentes países (GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007) e constituem uma importante fonte de estudo das competências adquiridas por estudantes em uma perspectiva internacional (AGASISTI, 2014).

Não há um consenso sobre o *output* mais adequado para representar os resultados educacionais. Todavia, os exames de proficiência são os que mais conseguem se aproximar dessa realidade (HEREDIA-ORTIZ, 2007), e a relação deles com o crescimento econômico já foi evidenciada em diferentes níveis educacionais

⁹ Apesar do autor se referir ao TIMSS, tais considerações podem ser estendidas ao exame de PISA.

(HANUSHEK; WOESSMANN, 2010). Além disso, sendo aceitos pela literatura, são os indicadores mais utilizados para a mensuração da eficiência da educação em uma análise *cross-country* (SIBIANO; AGASISTI, 2013).

Organizado pela OECD, o Programa Internacional de Avaliação de Alunos (*Programme for International Student Assessment - PISA*) é um teste internacional que procura avaliar o sistema educacional dos países, testando habilidades e conhecimentos específicos de estudantes entre 15 e 16 anos, idade em que a maioria deles já está próxima de terminar o ensino compulsório nas escolas (ARISTOVNIK; OBADIC, 2014, CUELLAR, 2014). O teste é aplicado em escolas públicas e privadas, urbanas e rurais, aleatoriamente selecionadas e por metodologia específica da OECD. No ano de 2012, 65 economias do mundo aplicaram os exames em seus países, totalizando 510.000 estudantes, em que foram avaliados conhecimentos em leitura, matemática e ciências (OECD, 2015).

O exame avalia a capacidade dos estudantes em diferentes temas, de maneira que o eles sejam capazes de extrapolar os conhecimentos da sala de aula e aplicá-los em situações práticas. Isso serve para conhecer se o aluno está preparado para as sociedades modernas, que recompensam os indivíduos não pelo que eles sabem, mas sim pelo que eles conseguem fazer com o que sabem (OECD, 2014). De acordo com Allmendinger e Leibfried (2003), o exame ajuda a mensurar as competências básicas requeridas na sociedade moderna para se ter uma vida social e economicamente satisfatória.

Além dos testes, os alunos e os diretores das escolas respondem a questionários com informações sobre o *background* dos estudantes, características das escolas e do sistema de aprendizado (OECD, 2015). A avaliação é trienal, e em cada edição o foco está centrado em uma área principal a ser avaliada. Na edição de 2000, o foco foi em leitura; em 2003, em matemática; em 2006, em ciências; em 2009, repetiu-se a área de leitura; e, em 2012, o foco foi novamente em matemática. Em 2015, o foco foi em ciências (INEP, 2014).

No Brasil, o teste já foi realizado nos anos de 2000, 2003, 2006, 2009, 2012 e 2015. Conforme a Tabela 4, a partir do ano de 2006, o teste passou a ser aplicado em todos os estados brasileiros, aumentando a sua representatividade e tornando-se um parâmetro de qualidade da educação brasileira (INEP, 2015). Assim, optou-se por delimitar o espaço amostral entre 2006 a 2012 para o exame de PISA.

Tabela 4 - N° de alunos, escolas e notas no exame de PISA no Brasil

Ano	N° de alunos	N° de escolas	Estados	Leitura	Matemática	Ciências
2000	4893	-	-	396	334	375
2003	4452	229	-	403	356	390
2006	9295	630	Todos	393	370	390
2009	20127	950	Todos	412	386	405
2012	18589	767	Todos	410	391	405

Fonte: adaptado de INEP (2016).

A trajetória do País, especialmente em matemática, vem melhorando ano a ano. Brasil, México, Polônia, Tunísia e Turquia melhoraram em média 2,5 pontos por ano em matemática (de 2003 a 2012.). O Brasil teve uma melhora de aproximadamente 4,1 pontos por ano no período, sendo que essa variação só foi superada por Israel (4,2), Bulgária (4,2) Albânia (5,6), Malásia (8,1), Cazaquistão (9,0) e Qatar (9,2). Brasil, México, Rússia, Tunísia e Turquia melhoraram o desempenho dos alunos com baixa performance, mas não conseguiram elevar o desempenho dos alunos que já possuíam uma alta performance (OECD, 2014).

Ainda assim, o País está longe de resultados satisfatórios em termos globais. De acordo com a OECD, 41 pontos no exame correspondem a um ano de ensino. Isso significa que, com a atual qualidade da educação brasileira, seriam necessários, em média, mais 6 anos de ensino por estudante para que o Brasil alcançasse a melhor nota de PISA (OECD, 2014).

A elevação do tempo de ensino no Brasil necessitaria de grandes quantidades de recursos públicos. Entretanto, com a crise econômica vigente e com os cortes orçamentários já anunciados, a principal maneira de melhorar a qualidade da educação é utilizar os gastos atuais de maneira mais eficiente.

Além do exame de PISA, existem testes similares, como o TIMSS, que também procuram avaliar as capacidades cognitivas de alunos ao redor do mundo. Um exemplo de estudo que já fez uso dessa variável é o de Clements (2002), que utilizou o FDH para conhecer a eficiência na transformação de *inputs* (aplicação de recursos e a razão/professor alunos) em *outputs* (resultados no TIMSS). Entretanto, o Brasil não participou de nenhuma edição da TIMSS e, por isso, essa variável não foi cogitada como um possível *output*.

Alguns estudos, como o de Marteleto e Andrade (2013) e Agasisti (2014), já utilizaram o exame de PISA como um indicativo de qualidade

da educação. Outro exemplo é o trabalho de Gamboa e Waltenberg (2012), em que os autores utilizaram esse exame para mensurar a desigualdade de oportunidade na educação existente em países da América Latina.

Com isso, tem-se que a variável (PISA) foi utilizada como um *output* educacional e é coletada trienalmente pela OECD, por meio da aplicação dos testes em cada país. Ressalta-se, contudo, que o *score* de PISA utilizado na presente pesquisa é uma média das três provas (leitura, matemática e ciências). Essa variável pode ser interpretada como a qualidade de capital humano que um país está desenvolvendo. A utilização da média das notas de PISA justifica-se pelo fato de que possuem uma correlação muito forte entre si, conforme já demonstrado por Afonso e Aubyn (2005).¹⁰

c) TAXA LÍQUIDA DE ATENDIMENTO DO ENSINO SECUNDÁRIO (TAXA)

A taxa de atendimento é comumente utilizada para compreender a capacidade do governo em fornecer educação para determinadas faixas etárias. Como atingir a universalidade do ensino nos estágios iniciais da educação é um dos objetivos para o Novo Milênio, a taxa de atendimento apresenta-se como um importante *output* educacional a ser mensurado, além de ser um fator importante para a geração de capital humano, especialmente para economias em desenvolvimento (CUELLAR, 2014). Desse modo, elevar as taxas de atendimento escolar também pode auxiliar no controle de desperdícios de recursos públicos (FEENY; ROGERS, 2008).

Diversos estudos já utilizaram essa taxa como um *output* (GUPTA; VERHOEVEN, 2001, ABBOTT; DOUCOULIAGOS, 2003, HAUNER, 2008, JAFAROV; GUNNARSSON, 2008, AGASISTI, 2011, SILVA *et al.*, 2012, ARISTOVNIK; OBADIC, 2014, FONCHAMNYO; SAMA, 2014, CUELLAR, 2014) em diferentes níveis de ensino. Alguns autores optaram por utilizar o número bruto de matrículas (GUPTA; VERHOEVEN, 2001, ABBOTT; DOUCOULIAGOS, 2003). Entretanto, as taxas de atendimento (brutas ou líquidas) parecem refletir melhor a

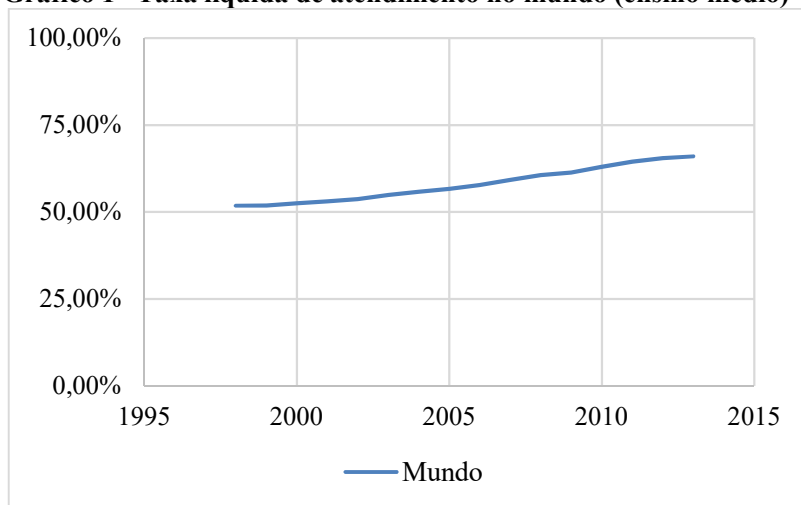
¹⁰ A correlação de Pearson dos *scores* de PISA de 2012, na presente pesquisa, foi a seguinte: (Leitura e Matemática: 0,96); (Leitura e Ciências: 0,98); (Matemática e Ciências: 0,98).

capacidade de oferecer educação aos seus alunos, já que levam em consideração a quantidade dos que estão fora do sistema de ensino.

A taxa bruta de atendimento corresponde ao número de crianças atendidas em determinado nível escolar (primário ou secundário, por exemplo), independentemente da idade, dividido pela população total das crianças com idade adequada para aquele nível. Já a taxa líquida de atendimento corresponde ao número de crianças que possuam idade oficial em determinado nível escolar, dividido pelo total das crianças com idade adequada para aquele nível (UNICEF, 2016). Cuellar (2014) comenta que a utilização da taxa líquida não inclui estudantes acima da idade e, por isso, é um indicador mais preciso na mensuração da universalização da educação.

No Gráfico 1, pode ser visualizada a evolução da taxa de atendimento no ensino secundário, do ano de 1996 até o ano de 2013.

Gráfico 1 –Taxa líquida de atendimento no mundo (ensino médio)



Fonte: Banco Mundial (2016b).

A taxa de matrícula líquida no mundo cresceu anualmente durante um período de quase 20 anos. Entretanto, percebe-se que nos anos mais recentes, em especial de 2011 para 2012, ela cresceu a uma taxa de apenas 0,74%, o menor aumento no crescimento desde 1998, quando registrou uma ampliação de 0,22%. O maior aumento no período ocorreu entre 2009 e 2010. Manter um crescimento constante dessa taxa é importante para o desenvolvimento das sociedades, visto que, no ano de 2013, 34%

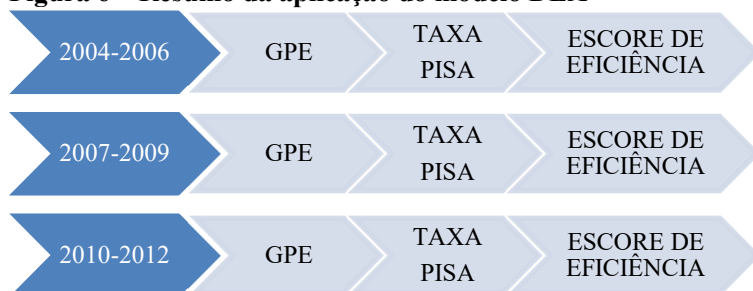
dos estudantes que deveriam estar no ensino secundário não estavam. Ainda que a qualidade da educação pareça ser um fator mais relevante para o avanço das economias, é necessário também que o sistema busque universalizar as taxas de atendimento. Isso também pode ser possível com o uso eficiente dos recursos atualmente disponíveis.

Desse modo, a variável (TAXA) foi utilizada como o segundo *output* na mensuração da eficiência por meio do DEA, que é coletada anualmente pela UNESCO.

3.3.2 Construção do modelo DEA

O modelo DEA foi montado com uma variável de *input* (GPE) e representa os investimentos realizados por cada país, e duas de *outputs*: (PISA) e (TAXA). Uma delas representa a qualidade da educação, e a outra, o alcance do atendimento no ensino médio. O DEA é calculado para cada período de análise, conforme resumido na Figura 6.

Figura 6 – Resumo da aplicação do modelo DEA



Fonte: elaborado pelo autor (2016).

Como os escores de eficiência foram calculados para cada período, o número máximo que um país poderia ter seriam três. Entretanto, com o objetivo de manter o maior número de observações na pesquisa, mesmo se um país tivesse dados suficientes para o DEA em determinado período, mas não tivesse em outro, esse país poderia fazer parte da amostra para o período com os dados presentes. Todas as especificações das variáveis utilizadas no modelo DEA podem ser visualizadas no Apêndice A.

Apesar de o gasto público ser comumente o *input* mais importante para expandir os *outputs* educacionais, esses insumos poderiam ser formados por outras variáveis, como a razão de professores por aluno, o número de horas de instrução, a disponibilidade de computadores entre

outros. Esses indicadores são provenientes dos gastos públicos no setor (CUELLAR, 2014). Por outro lado, na presente pesquisa, a única variável de *input* utilizada foi o GPE, por abranger direta ou indiretamente todos os demais *inputs*.

No contexto da educação, a orientação *output* parece ser a melhor escolha para mensurar a performance dos estudantes (COCO; LAGRAVINESE, 2014), já que países emergentes, como o Brasil, precisam melhorar os atuais níveis educacionais. Por esse motivo, utilizou-se a orientação *output* com o objetivo de conhecer quais deveriam ser os *scores* obtidos pelos países ineficientes ou quanto deveria ser a taxa de atendimento do sistema educacional. Cuellar (2014) salienta que, do ponto de vista das políticas públicas, os países em desenvolvimento ou emergentes não deveriam procurar reduzir os gastos públicos em educação para alcançar os mesmos *outputs*, mas sim avaliar quanto mais de *output* poderia ser produzido com o nível atual de recursos.

Na presente pesquisa, optou-se pela utilização do modelo VRS de Banker, Charnes e Cooper (1984), já que se esperam retornos variáveis de escala na função de produção dos sistemas educacionais dos países analisados. É razoável assumir que a eficiência do sistema educacional dos países é influenciada por variáveis como o número de estudantes e a quantidade de recursos investidos. Logo, o retorno dos resultados em educação deve variar conforme esses diferentes escalonamentos (AGASISTI, 2011). A escolha é coerente com diversos estudos *cross-countries* na área da educação em perspectivas (FONCHAMNYO; SAMA, 2014, ARISTOVNIK; OBADIC, 2014, AGASISTI, 2011).

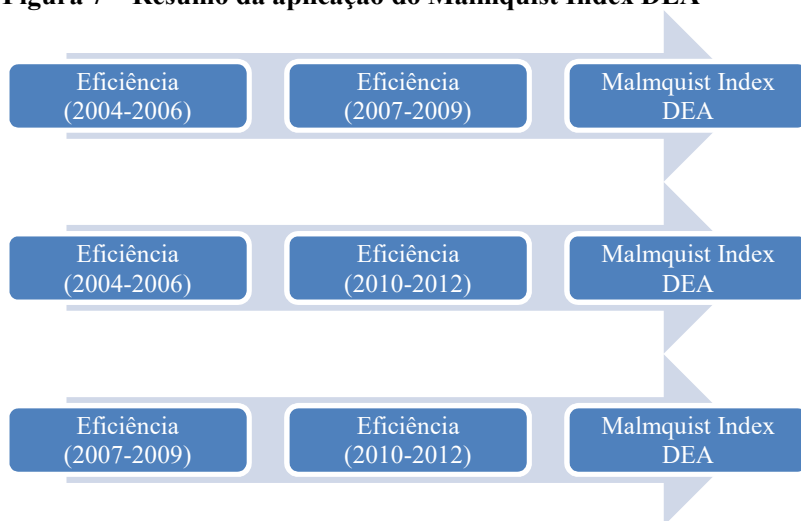
A eficiência encontrada na presente pesquisa varia de $(0,1]$, sendo que as DMUs que obtêm *scores* entre 0 e 1 são consideradas ineficientes, e as DMUs que obtêm *score* 1 são consideradas tecnicamente eficientes. Como o conceito de eficiência do DEA é relativo, os escores obtidos na sua aplicação devem ser interpretados da seguinte maneira: quando uma DMU obtém um *score* de 0,7, isso significa que tal unidade alcançou somente 70% da produção total de *outputs* necessários para torná-la eficiente. Nesse caso, há espaço para melhorias gerenciais naquela DMU.

Como a DMU em questão é todo um sistema educacional (ensino médio) de um país, e o *input* reflete a quantidade de recursos investidos na educação, pretende-se com isso encontrar a eficiência dos países em transformar os investimentos públicos realizados em resultados educacionais (qualidade e atendimento).

3.3.3 Construção do modelo Mamlquist Index DEA

Ainda no primeiro estágio, o Malmquist Index DEA foi utilizado para mensurar as mudanças de produtividade e a eficiência nos períodos compreendidos pela pesquisa. O Malmquist Index aplicado ao DEA é analisado de dois em dois períodos. A sua utilização para avaliar as mudanças de eficiência ao longo do tempo é necessária, já que os *scores* obtidos por meio do DEA são relativos e variam de amostra para amostra. Caso os períodos fossem analisados de maneira isolada, as conclusões poderiam ser imprecisas. Na Figura 7, é apresentado como os períodos foram analisados.

Figura 7 – Resumo da aplicação do Malmquist Index DEA



Fonte: elaborado pelo autor (2016).

Desse modo, percebe-se que três índices distintos são apresentados pelo Malmquist Index para cada país: um que mensura as mudanças de produtividade e de eficiência nos períodos de (2004-2006) para o período de (2007-2009), outro que mede essas mudanças do período de (2004-2006) para (2010-2012), e um último que mensura a mudança do período de (2007-2009) até (2010-2012). Reforça-se, todavia, que assim como o procedimento realizado no cálculo de eficiência do DEA, no Malmquist Index também foram realizadas médias dentro dos períodos para as

variáveis que são coletadas anualmente (GPE e TAXA). As métricas utilizadas novamente podem ser visualizadas no Apêndice A.

As variáveis de *inputs* e *outputs* utilizadas para o cálculo do Malmquist Index DEA são exatamente as mesmas das utilizadas na aplicação do DEA (VRS). A diferença é que para o cálculo desse índice é necessário que todas as variáveis de *inputs* e *outputs* estejam disponíveis em todos os períodos. Caso um país possuísse dados suficientes para realizar o DEA nos períodos de 2010-2012 e 2007-2009, mas não os possuísse para o cálculo da eficiência no período de 2004-2006, esse país era excluído da amostra.

A princípio, o índice Malmquist e seus componentes, conforme já apresentados, podem assumir qualquer valor entre 0 e $+\infty$. Podem ser visualizados no Quadro 5 algumas explicações de cada componente.

Quadro 5 – Componentes do índice Malmquist Index

Índice e Componentes	Variação	Significado
MALMQ – Índice Malmquist	$[0, +\infty)$	Mensura a mudança de produtividade total dos fatores de produção.
EFFCH – Mudança de Eficiência	$[0, +\infty)$	Mensura a mudança de eficiência técnica ao longo dos períodos, ou seja, a capacidade das DMUs de se aproximarem ou se afastarem da fronteira de eficiência em relação aos retornos constantes de escala.
TECHCH – Mudança de Tecnologia	$[0, +\infty)$	Mensura a mudança de tecnologia (ou da fronteira de produção).
PECH – Mudança de Eficiência Pura	$[0, +\infty)$	Mensura a mudança de eficiência pura e leva em consideração os retornos variáveis de escala.
SECH – Mudança de Escala de Eficiência	$[0, +\infty)$	Mensura as mudanças de eficiência em relação à diferença entre os retornos constantes de escala e os retornos variáveis de escala.

Fonte: elaborado pelo autor (2016).

Espera-se com isso compreender as mudanças de produtividade ocorridas dentro dos períodos analisados.

3.3.4 Segundo estágio: Regressão de dados em Painel

Conforme comenta Ribeiro (2008), o DEA (VRS) leva em consideração apenas os insumos de natureza discricionária, ou seja, aqueles que o gestor tem controle e podem ser alterados pela administração. Todavia, em se tratando de serviços disponibilizados pelo setor público, muitos fatores que estão além do controle do governo, ao menos no curto e no médio prazos, podem afetar a eficiência desses sistemas. Dessa maneira, torna-se importante que os fatores exógenos relacionados aos *scores* de eficiência inicialmente estimados sejam investigados.

Compreendendo a característica dos dados que são organizados em dados de corte e também em dados de séries temporais, optou-se por realizar uma regressão daqueles em painel para encontrar a influência de variáveis independentes na eficiência do ensino médio. “Os modelos de regressão para dados em painel são muito úteis quando se deseja estudar o comportamento de determinado fenômeno que se altera entre indivíduos e, simultaneamente, de forma temporal” (FÁVERO, 2015 p. 257).

De acordo com Fávero *et al.* (2014), a utilização dessa ferramenta tem crescido nos últimos anos, principalmente pelas entidades sofrerem influências das suas próprias características e da evolução temporal. Verifica-se ainda, especialmente na área de Contabilidade e Finanças, uma falta de cuidado quanto aos critérios para a adoção do modelo mais consistente e uma ausência de discussão sobre alguns possíveis estimadores a serem estudados em cada uma das situações (FÁVERO, 2013).

A seguir são explicadas todas as variáveis independentes que compõem o modelo de regressão.

a) RAZÃO ALUNO/PROFESSOR (RAZAP)

Possivelmente o *input* não monetário mais importante (CUELLAR, 2014), a razão professor/aluno pode ser compreendida como a quantidade de capital humano envolvida no processo de educação e relaciona-se com o fato de que os estudantes podem possuir um desempenho superior com o aumento do número de professores por

aluno, já que nesses casos a interação aluno-professor é maior. Além disso, a disponibilidade de professores permite a expansão do atendimento da educação e a melhora da qualidade do ensino (AGASISTI, 2014).

Afonso e Aubyn (2006) consideraram a utilização da razão entre professor e aluno em conjunto com os gastos por estudante. No entanto, retratam que os resultados seriam de difícil interpretação, visto que eles iriam refletir tanto a ineficiência como a diferença de provisão de custos (AFONSO; AUBYN, 2006). O trabalho de Agasisti (2014) propôs a utilização de ambas as variáveis (GPE e RAZAP) como *inputs* do sistema educacional em uma única análise. Porém, no desenvolvimento do procedimento metodológico, Agasisti (2014) optou por utilizar somente os gastos por estudante, visto que ambas as variáveis apresentaram uma correlação de Pearson de 90%.

Estudos que já utilizaram essa variável para avaliar a eficiência da educação são Barro (2001), Hanushek e Kimko (2000), Hanushek e Luque (2003), Afonso e Aubyn (2006), Agasisti (2011), Cuellar (2014), Agasisti (2014), Aristovnik e Obadic (2014). Como essa variável também deve afetar a eficiência da educação, ela fez parte do segundo estágio da pesquisa. Procurou-se com isso compreender qual é a sua influência sobre a eficiência dos sistemas educacionais.

Desse modo, a variável (RAZAP) foi utilizada como uma das independentes do modelo, é calculada pela quantidade de alunos por professor em relação aos alunos do ensino secundário e coletada anualmente pela UNESCO.

b) QUALIDADE DOS PROFESSORES (PROF)

Por serem os principais agentes na formação dos estudantes, diversas características dos professores já foram avaliadas em pesquisas para compreender sua relação com a performance estudantil (HANUSHEK; WOESSMANN, 2010) ou com a eficiência dos sistemas (AGASTISI, 2014). Hanushek e Woessmann (2010) apontam que o impacto da escola sobre o estudante surge por meio da qualidade dos professores e das suas estruturas institucionais. Todavia, a mensuração dessa qualidade possui variações na literatura. Giménez, Prior e Thieme (2007) representaram essa variável por um índice que demonstra a confiança do professor em ministrar aulas de matemática ou ciências.

Por outro lado, Agasisti (2014) representou a qualidade dos professores por meio da remuneração percebida por eles. Agasisti (2011) também utilizou a qualidade dos professores para tentar explicar a

eficiência dos sistemas educacionais, todavia não especificou a métrica utilizada na construção dessa variável em seu trabalho.

Os estudos de Agasisti (2014) e Alexander, Haug e Jaforullah (2010) encontraram relação positiva entre a qualidade dos professores e a eficiência dos sistemas de ensino, porém Giménez, Prior, Thieme (2007) não encontraram significância em seus resultados.

Ainda que a remuneração dos professores não seja a melhor medida de qualidade de um docente, ela evita a subjetividade de outras variáveis, como a confiança de um professor em ministrar determinada disciplina. Desse modo, optou-se pela utilização dos salários dos professores (PROF) com dedicação integral como uma variável independente do segundo estágio da pesquisa. Essa variável foi coletada pelo Banco Mundial e tem periodicidade anual.

c) QUALIDADE DO ALUNO (ALUN)

Uma outra característica que pode ser levada em consideração nessa análise e já foi destacada por outros estudos (COLEMAN *et al.*, 1966) é a “qualidade do aluno”, que pode ser mensurada de distintas maneiras. A qualidade do aluno aqui pode ser entendida também como o seu esforço frente às disciplinas ofertadas nas escolas. Rich (2006) encontrou que o empenho do educando tem uma contribuição importante para a performance acadêmica. O autor ainda complementa que estudantes que fazem o dever de casa, que não faltam à aula, que chegam no horário e participam das discussões em sala são geralmente os alunos que possuem o melhor desempenho acadêmico.

Alguns trabalhos que de alguma forma procuraram utilizar a qualidade do aluno como uma variável relacionada ao processo produtivo do ensino foram Johnes (2006), com estudantes de graduação de universidades inglesas, e Agasisti (2011), de diferentes universidades na Europa.

A variável (ALUN) é coletada pela OECD de acordo com os questionários que são aplicados juntamente com o exame de PISA (trienalmente) e mede o interesse dos alunos em ciências, leitura ou matemática. Dessa maneira, essa variável foi utilizada como uma variável independente do modelo de regressão.

d) BACKGROUND FAMILIAR (BACK)

A relação entre a performance nas escolas e o *background* familiar é ressaltada em diversos estudos acadêmicos, tanto em relação aos níveis individuais de cada estudante (HOLMLUND; LINDAHL; PLUG, 2011, LEE; BARRO, 2001) como em níveis coletivos de uma nação (AFONSO; AUBYN, 2006). Além disso, o *background* familiar afeta a performance das universidades (CARRINGTON; COELLI; RAO, 2005), assim como das escolas (ALEXANDER; HAUG; JAFORULLAH, 2010, DINIZ, 2012) e, por esse motivo, deve ser levada em consideração ao se avaliar um sistema de ensino, independentemente do nível educacional que se está avaliando.

Mandl, Dierx e Ilzkovitz (2008) apresenta que a eficiência também pode ser influenciada por diferentes ambientes, como as condições socioeconômicas, o clima, o desenvolvimento da economia e outros fatores externos que podem modificar a função de produção. A eficiência do sistema educacional deve levar em consideração o *background* social e econômico dos estudantes, pois este é um fator ambiental que influencia diretamente em suas performances (SILVA-PORTELA; THANASSOULIS, 2001, GIMÉNEZ, PRIOR, THIEME, 2007).

Há uma crença em diversos países de que as relações sociais – muitas vezes representadas pelo próprio *background* familiar – é um fator determinante no sucesso da vida das pessoas e isso, por fim, acaba afetando o capital humano, a produtividade e o crescimento dessas sociedades (COCO; LAGRAVINESE, 2014). O Relatório de Coleman *et al.* (1966) constatou que os recursos aplicados na educação são responsáveis por apenas 10% dos resultados educacionais, sendo que o restante seria explicado por características sociais, econômicas e ligadas ao *background* familiar (GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007).

Nações podem ficar presas em armadilhas caso não promovam políticas diferenciadas para a educação de jovens estudantes que vieram de *backgrounds* familiares desfavoráveis (AFONSO; AUBYN, 2006). Um exemplo de uma política social com esse objetivo no Brasil é o Bolsa Família. Para que as famílias possam receber os benefícios, exige-se uma frequência mínima de 85% na escola, para crianças e adolescentes de 6 a 15 anos, e de 75% para adolescentes de 16 a 17 anos (CAIXA, 2016).

A mensuração do *background*, todavia, se dá de diferentes maneiras e pode englobar uma série de variáveis. Uma das mais utilizadas nesse sentido é o nível de escolaridade dos pais, conforme o estudo de Schutz, Ursprung e Woessmann (2008), sendo que diversos estudos (HANUSHEK; KIMKO, 2000, BOWLES; GINTIS, 2002, HANUSHEK;

LUQUE, 2003) já encontraram significância entre a performance escolar e essa variável. Como a performance dos estudantes pode afetar a eficiência do sistema, alguns estudos (AFONSO; AUBYN, 2006, BRUNELLO; CHECCHI, 2005, COCO; LAGRAVINESE, 2014) também já encontraram relação entre a escolaridade dos pais e essa eficiência.

Afonso e Aubyn (2006) também destacam que o PIB *per capita* afeta a eficiência dos sistemas de ensino, e essa variável pode ser também interpretada como o *background* dos estudantes. Entretanto, por englobar toda a sociedade e não somente aquelas pessoas que de fato estão diretamente relacionadas ao ensino, optou-se por utilizar essa variável desagregada do *background* familiar, sendo compreendida como a riqueza de determinada nação. Outras variáveis que podem ser relacionadas ao *background* e já foram utilizadas por estudos similares são o acesso regular à internet (AGASISTI, 2014) e a quantidade de livros que as famílias possuem em casa e que estão à disposição de seus filhos (WOESSMANN, 2004).

Com o intuito de englobar as diversas variáveis que possam identificar o *background*, foi escolhido o Índice Econômico, Social e Cultural de PISA. Esse índice foi criado para demonstrar diversos aspectos da família e do *background* familiar do estudante (OECD, 2012). É calculado a partir das seguintes variáveis: índice socioeconômico internacional do status ocupacional do pai ou da mãe, aquele que for mais alto; nível de instrução do pai ou da mãe, o que for mais alto, convertido em anos de escolarização; e o índice de bens da família, que descreve o que o estudante tem em casa como uma escrivaninha para estudar, quarto próprio, conexão com internet, livro, máquinas de lavar pratos etc. (OECD, 2012).

Com isso, a variável (BACK) foi utilizada como uma variável independente do modelo de regressão e é coletada trienalmente pela OECD.

e) COMPUTADORES (COMP)

Com o objetivo de conhecer o impacto da tecnologia sobre a eficiência do sistema de ensino, alguns estudos utilizaram variáveis como o acesso à internet (AGASISTI, 2014) ou a porcentagem de alunos com pelo menos um computador em casa (GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007), a fim de conhecer a sua relação com o desempenho acadêmico e com a eficiência dos sistemas de ensino. Entretanto, o acesso à internet já

integra o índice de *background* familiar e por isso não foi utilizada de maneira isolada na presente pesquisa. Aristovnik (2012b) também procurou conhecer o impacto da tecnologia da informação e da comunicação no desempenho acadêmico de países europeus e da OECD. Uma das variáveis utilizadas pelo autor também foi o acesso à internet pela população dos países analisados.

Mancebón *et al* (2012) analisaram a eficiência de escolas públicas e privadas subsidiadas pelo governo. Além disso procuraram encontrar as relações dessa eficiência com um conjunto de possíveis variáveis explicativas. Algumas dessas variáveis estão relacionadas com a tecnologia (número de computadores em casa; uso esporádico do computador pelos alunos; quantidade de computadores por aluno nas escolas). Levando em consideração que os autores ainda buscaram conhecer a relação da eficiência com uma série de outras variáveis que procuravam evidenciar os recursos físicos e humanos existentes na escola, somente a razão aluno/professor e a quantidade de computadores por aluno mostraram-se significantes com o desempenho escolar. Por outro lado, os autores encontraram uma relação negativa entre a quantidade de computadores e o desempenho acadêmico, o que os levou a sugerir que outros estudos buscassem entender o significado desse sinal (MANCEBÓN *et al.* (2012).

Apesar de já existirem diversos estudos que procuraram conhecer a relação entre bens físicos e o desempenho acadêmico, Hanushek (2003) revela que os resultados sobre esse tema ainda estão longe de ser conclusivos. Por esse motivo, foi utilizada a quantidade de computadores por aluno nas escolas (COMP) como uma variável independente do modelo de regressão de dados em painel. Essa variável também é construída a partir dos questionários aplicados juntamente com o exame de PISA e é coletada trienalmente pela OECD.

f) CORRUPÇÃO (CORR) E GOVERNANÇA (RECUR/CURRIC)

De acordo com a *Transparency International* (TI), a corrupção é o abuso de poder que visa a ganhos pessoais. Pode ser classificada de distintas maneiras, dependendo da quantidade de recursos desviados e do setor em que ocorrem. A grande corrupção (*grand corruption*) ocorre quando o abuso de poder é realizado pelo alto escalão e beneficia poucas pessoas ao encargo de muitas, causa um grande dano aos indivíduos e na sociedade, e geralmente ocorre impunemente. Já a corrupção trivial (*petty corruption*) relaciona-se aos casos do dia a dia dos cidadãos, que estão

procurando acesso aos bens e serviços públicos em lugares como hospitais, escolas, departamentos de polícia e são coagidas por funcionários públicos. E, por último, a corrupção política (*political corruption*), que está relacionada com manipulações de políticas públicas, de instituições e de alocações de recursos públicos por políticos, os quais abusam de suas posições para sustentar seu poder, status e sua saúde financeira (TI, 2016).

A corrupção aumenta o custo de provisão da educação, diminui sua qualidade e a abrangência de atendimento para determinado nível de investimento. Isso ocorre principalmente por causa de desvios de verbas públicas, de pagamentos ilegais exigidos por agentes públicos (propinas), de sistemas falhos de recrutamento, de recompensas e de promoção dos professores (SHLEIFER; VISHNEY, 1993). Consequentemente, a corrupção atrapalha o uso adequado do capital humano e retarda o desenvolvimento das nações (COCO; LAGRAVINESE, 2014).

Subornos e apropriações ilegais de recursos da educação não se aplicam com tanta frequência a países desenvolvidos, como os da OECD. Entretanto, nos países emergentes, os aspectos de governança e de corrupção parecem ser mais importantes do que os gastos alocados ao ensino (COCO; LAGRAVINESE, 2014). Os efeitos negativos da corrupção sobre esses sistemas também foram evidenciados nos trabalhos de Gupta, Verhoeven e Tiongson (2002), Reinikka e Svensson (2005), Bjorkman (2006), Schutz, Ursprung e Woessmann (2008) e Suryadarma (2012). Com a perspectiva de que a corrupção impacta inclusive a eficiência do sistema educacional (HAUNER; KYOBE, 2008, WANG; ESKANDER, 2011, COCO; LAGRAVINESE, 2014), optou-se por conhecer a relação dessa variável com a eficiência nos países emergentes.

Suryadarma (2012) utilizou o nível de corrupção regional para avaliar o seu impacto na eficiência do gasto público em educação na Indonésia, um dos países mais corruptos do mundo. Dois tipos de *outputs* foram levados em consideração: a taxa de atendimento escolar e a performance em exames nacionais. Os resultados sugerem que o gasto público tem um efeito insignificante na taxa de atendimento em regiões altamente corruptas, mas mostrou-se estatisticamente significativo e de maneira positiva em regiões menos corruptas.

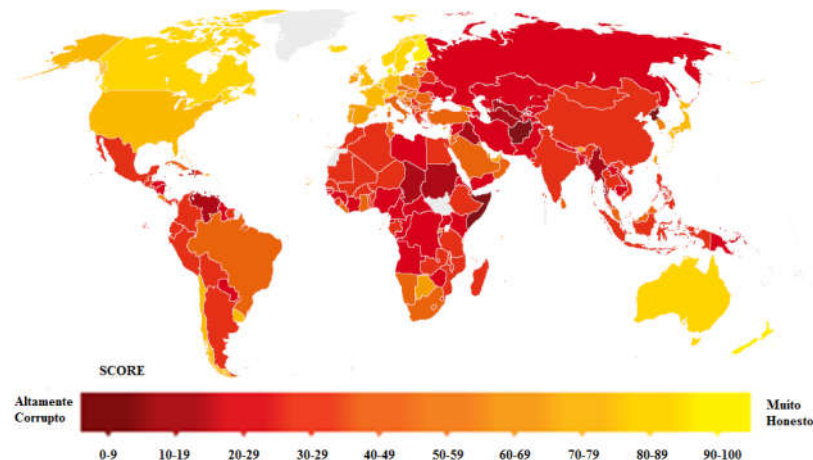
Hanushek (1986) de fato já apontou que os gastos não estão necessariamente relacionados com o desempenho acadêmico ou com o crescimento das nações, porém Rogers (2008) comenta que ao excluir da regressão países que possuem elevados índices de corrupção, uma relação forte entre gastos com educação e crescimento aparece. Isso ocorre, pois

os países são incapazes de explorar adequadamente o produto final de seus sistemas educacionais devido à corrupção (ROGERS, 2008).

Duas variáveis foram identificadas na literatura, as quais poderiam ser utilizadas como *proxies* para corrupção: a *Gallup Corruption Index* (GCI) (COCO; LAGRAVINESE, 2014), levantada por *Gallup World Poll* e a *Corruption Perception Index* (CPI) (FONCHAMNYO; SAMA, 2014), levantada pela TI. Optou-se pela utilização da CPI na presente pesquisa. Lançado em 1995, o CPI é formulado por meio da percepção de diversos analistas, empresários e *experts* sobre a corrupção de determinada nação. Realizado anualmente, é útil para conhecer o grau do problema dentro dos países (TI, 2016b)¹¹.

A Figura 8 mostra o mapa global da corrupção em 2012. As regiões mais escuras (vermelhas) são as mais corruptas. É possível reparar que há uma relação visível entre os países em desenvolvimento/emergentes e elevados níveis de corrupção. Em oposição a isso, na América do Sul, os países menos corruptos são Uruguai e Chile, que compartilharam, em 2012, a 20ª posição no *ranking*. Nesse mesmo período o Brasil ficou na 69ª posição.

Figura 8 - Mapa da Corrupção no Mundo



Fonte: adaptado de TI (2012).

¹¹ A metodologia do índice pode ser encontrada em: <http://www.transparency.org/cpi2015#downloads>

Com isso, a variável (CORR) foi utilizada como independente do segundo estágio da pesquisa. Ela procurou responder se a corrupção interfere na eficiência dos sistemas educacionais. Essa variável é coletada anualmente pela TI.

Intimamente ligado à corrupção está o conceito de governança e de transparência. Uma boa governança pode ajudar a combater a corrupção e melhorar a eficiência dos gastos, inclusive no sistema de ensino, já que permite um maior controle pela sociedade (REINIKKA; SVENSSON, 2005). Por outro lado, uma fraca governança pode ter impacto contrário no efeito dos gastos públicos sobre o desenvolvimento de um país (GUPTA; VERHOEVEN; ERWIN, 2002).

Os resultados encontrados por Suryadarma (2012) demonstram que injetar recursos de maneira indiscriminada no sistema educacional provavelmente não melhora o desempenho acadêmico, a não ser que sejam acompanhados de melhorias na governança pública. Dessa maneira, essa variável também pode ter relação com a eficiência dos sistemas educacionais. Rayp e Sijpe (2007) analisaram a eficiência por meio do DEA e procuraram encontrar as determinantes dessa eficiência. Os autores também encontraram que ela está relacionada principalmente com indicadores de governança e algumas características de cada sistema.

Mancebón *et al.* (2012) utilizou uma série de variáveis disponibilizadas pela OECD que estão relacionadas com a governança nas escolas, como, por exemplo, a autonomia da escola em contratar seus próprios professores ou autonomia para modificar o currículo de suas escolas. Desse modo, optou-se por utilizar duas variáveis que são trienalmente disponibilizadas pela OECD e coletadas por meio dos questionários aplicados com os diretores das escolas durante a realização do exame de PISA.

As variáveis são o “Índice de Responsabilidade da Escola na Alocação de Recursos” (RECUR) e o “Índice de Responsabilidade da Escola na Organização Curricular e no Sistema de Avaliação Escolar” (CURRIC). O primeiro índice agrega algumas variáveis, como a liberdade na contratação de professores e na alocação dos recursos. Já o segundo, indica a autônoma que a escola tem em organizar seu próprio currículo. Valores positivos desses índices indicam maior liberdade das escolas e consequentemente um maior nível de governança (OECD, 2013).

g) DESEMPREGO (DESEMP)

É possível que o desemprego guarde relações com a eficiência dos investimentos públicos, já que a permanência dos filhos nas salas de aula só consegue ser garantida se os alunos não precisarem trabalhar para ajudar no sustento da família. Dentre os estudos similares que procuraram conhecer a relação dessas variáveis, está o de Agasisti (2014) e Coco e Lagravinese (2014). Os dois trabalhos não encontraram relação significativa entre a eficiência e o desemprego dos países analisados.

A variável de desemprego (DESEMP) utilizada é calculada em relação ao total da força de trabalho que está atualmente desempregada e à procura de emprego e é coletada anualmente pelo Banco Mundial.

h) PIB *per capita* (PIBPC)

Outra variável macroeconômica que deve ser levada em consideração é o impacto da riqueza das nações sobre o ensino. É importante não confundir a relação entre o PIB *per capita* e a qualidade da educação, mensurada usualmente por meio de testes de proficiência, com a relação entre o PIB *per capita* e a eficiência na obtenção desses resultados. Isso porque um país que obteve excelentes resultados no exame de PISA pode estar gastando muito mais recursos do que seria necessário para atingir esse resultado, enquanto países que obtenham resultados ruins no exame podem estar gastando pouco e consequentemente serem eficientes.

Essa diferenciação é importante, pois diversos estudos já demonstraram a relação entre a riqueza das nações e a qualidade da educação (HANUSHEK; KIMKO, 2000, KRUEGER; LINDAHL, 2001, LEE; BARRO, 2001, HANUSHEK; WOESSMAN, 2010), enquanto que alguns estudos também têm demonstrado uma relação com a eficiência dos sistemas de ensino (AFONSO; AUBYN, 2006, KEMPKE; PHOL, 2010, AGASISTI, 2011, AGASISTI, 2014).

Kempkes e Phol (2010) e Agasisti (2011) procuraram conhecer a relação dessa variável com a eficiência das universidades. Já Afonso e Aubyn (2006) analisaram a relação com a eficiência do ensino secundário. Todos esses três estudos encontraram relação significativa e positiva entre a eficiência e o PIB *per capita*. Agasisti (2011) comenta que essa variável, juntamente com outras variáveis contextuais, pode ser responsável por até 46% da ineficiência das universidades analisadas.

Por outro lado, Agasisti (2014) encontrou uma relação negativa entre o PIB *per capita* e a eficiência, o que é inconsistente com o que a

literatura vem demonstrando. De acordo com o autor, essa relação não é surpreendente e pode ser explicada principalmente em economias mais desenvolvidas, que possuem um elevado PIB *per capita*. Ao invés de utilizar uma regressão para conhecer a relação dessa variável, Giménez, Prior e Thieme (2007) utilizaram-na como um *input* não discricionário da educação. Silva *et al.* (2012) também seguiram a mesma linha.

Porém, na presente pesquisa, optou-se por utilizar o PIB *per capita* (PIBPC) como uma possível variável explicativa para a eficiência do ensino médio nos países analisados. Essa variável é coletada anualmente pelo Banco Mundial.

3.3.5 Construção do modelo de regressão de dados em painel

Algumas das variáveis que foram utilizadas no segundo estágio da pesquisa poderiam ter sido utilizadas como *inputs* educacionais. Entretanto, como o interesse da pesquisa é encontrar a eficiência na aplicação dos recursos investidos no ensino médio, a inserção dessas variáveis no modelo DEA tornaria difícil a interpretação desses resultados. Além disso, quanto maior o número de *inputs* e *outputs* são inseridos no DEA, maior é o número de DMUs eficientes. Considerou-se mais interessante utilizar essas variáveis como independentes no segundo estágio e saber se elas influenciam a eficiência desses sistemas. A especificação de todas as variáveis que compõem o segundo estágio pode ser visualizada no Apêndice B.

A variável dependente da regressão de dados em painel é o *score* de eficiência (EFI), obtido por meio do DEA (VRS), com orientação *output*, em cada um dos períodos analisados. Desse modo, o número máximo de observações que o modelo de regressão de dados em painel poderia ter seriam 195 (65 países x 3 períodos). Isso só ocorreria se todos os dados estivessem disponíveis para todos os países e para todos os períodos.

Na presente pesquisa, foi utilizado o método de regressão com dados em painel curto, já que a quantidade de países da amostra supera a quantidade de períodos da análise. Além disso, trata-se de um painel desbalanceado, pois algumas variáveis para alguns países estão ausentes em alguns períodos. A expressão geral do modelo de regressão de dados em painel da pesquisa pode ser descrita da seguinte maneira:

$$\text{EFI}_{it} = a_i + b_1\text{RAZAP}_{it} + b_2\text{PROF}_{it} + b_3\text{ALUN}_{it} + b_4\text{BACK}_{it} + b_5\text{COMP}_{it} + b_6\text{CORR}_{it} + b_7\text{CURRIC}_{it} + b_8\text{RECUR}_{it} + b_9\text{DESEMP}_{it} + b_{10}\ln\text{PIBPC}_{it} + \varepsilon_{it}$$

Em que EFI_{it} representa a variável dependente (*score* de eficiência que varia entre os indivíduos e ao longo do tempo e foi obtido no primeiro estágio desta pesquisa), a_i representa o termo do intercepto de cada indivíduo, podendo assumir efeitos fixos ou aleatórios, b_j ($j = 1, 2, \dots, k$) são os coeficientes para cada variável, X_j (RAZAP, PROF, ALUN, BACK, COMP, CORR, CURRIC, RECUR, DESEMP, PIBPC) são as variáveis independentes e ε representa os termos do erro idiossincrático (FÁVERO *et al.*, 2014).

Para conhecer os melhores estimadores para o modelo de regressão de dados em painel (POOLS – *Pooled Ordinary Least Squares*, efeitos fixos ou efeitos aleatórios), foram realizados: o Teste F de Chow, o Teste LM de Breush-Pagan e o teste de Hausman. Adotou-se o nível de significância de $p < 0,05$ para a interpretação dos testes realizados.

No modelo POOLS, os parâmetros são estimados pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e considera a base de dados como uma grande *cross-section*. Já a estimação por efeitos fixos considera a existência de efeitos individuais a_i ($i = 1, 2, \dots, k$), em que i é a quantidade de indivíduos analisados, “que representam a heterogeneidade entre os indivíduos e capturam as suas diferenças invariantes no tempo, ou seja, as diferenças nos interceptos (não nas inclinações)” (FÁVERO, 2015, p. 267). A estimação por efeitos aleatórios é realizada por meio dos Mínimos Quadrados Generalizados (MQG). Essa estimação considera simultaneamente a variação ao longo do tempo para um dado indivíduo (variação *within*) e a variação entre indivíduos (*between*). Desse modo, considera-se a variação entre indivíduos aleatória e não correlacionada com as variáveis explicativas (FÁVERO, 2015).

De acordo com FÁVERO *et al.* (2014) o Teste de Breush-Pagan permite verificar se a variância entre indivíduos é igual a zero, ou seja, se não existem diferenças significativas entre os países analisados. A seguir, são apresentadas as hipóteses desse teste:

H_0 : POLS, ou seja, não existe nenhum efeito em painel;

H_1 : os efeitos são aleatórios (ocorrem estatisticamente diferenças entre os indivíduos da amostra).

O segundo teste que permite identificar os melhores estimadores para o modelo é o F de Chow. A seguir são apresentadas as hipóteses desse teste:

H_0 : modelo restrito (POLS);

H_1 : os efeitos são fixos.

O terceiro e último teste (teste de Hausman) permite definir se o modelo deve ser estimado por efeitos fixos ou aleatórios, e as hipóteses são apresentadas a seguir:

H_0 : os efeitos são aleatórios;

H_1 : os efeitos são fixos.

Os resultados dos testes para definir qual é o estimador mais adequado encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Identificação dos estimadores mais consistentes

Testes	Significância	
	Especificação 1 Dependente: EFI (Modelo com todas as variáveis)	Especificação 2 Dependente: EFI (Modelo sem a variável PROF)
Breusch-Pagan	0,0005	0,0002
F de Chow	0,0000	0,0000
Teste de Hausman	0,9014	0,2250
Estimador indicado	EFEITOS ALEATÓRIOS	EFEITOS ALEATÓRIOS

Fonte: elaborado pelo autor (2016).

Com isso, o teste de Breusch-Pagan permitiu identificar que o modelo POLS não oferece os estimadores mais apropriados para as Especificações de Modelo 1 e 2. O teste F de Chow também permite rejeitar a hipótese nula de que todos os efeitos individuais a_i dos países sejam iguais a zero. Desse modo, o teste de Hausman permitiu constatar que o modelo de efeitos aleatórios fornece os estimadores dos parâmetros mais consistentes do que pelo modelo de efeitos fixos (não é possível rejeitar H_0).

Por fim, é apresentado, no Quadro 6, um resumo das variáveis utilizadas na regressão de dados em painel e também o sinal esperado para cada uma das variáveis independentes utilizadas no segundo estágio.

Quadro 6 – Sinais esperados para as variáveis independentes

Variável	Descrição resumida	Sinal Esperado
EFI	Variável dependente. É obtida pelo modelo DEA realizado no primeiro estágio para cada período (2004-2006, 2007-2009, 2010-2012).	n.a.
RAZAP	Divisão entre o tamanho da escola pelo número de professores.	-
ALUN	Qualidade do aluno mensurada por meio do “Índice de interesse em Ciências, Matemática ou Leitura”.	+
BACK	<i>Background</i> dos estudantes mensurada pelo Índice PISA de status econômico, social e cultural.	+
COMP	Computadores disponíveis por aluno nas escolas.	+
CORRUP	<i>Proxy</i> de corrupção mensurada pelo CPI.	+
RECUR	Governança na escola mensurada pelo “Índice de responsabilidade na alocação de recursos”.	+
CURRIC	Governança na escola mensurada pelo “Índice de autonomia na organização curricular e no sistema de avaliação de cada escola”.	+
PROF	Qualidade do professor mensurada por meio dos salários percebidos pelos professores de ensino secundário.	+
DESEMP	Taxa de desemprego em % do total da força de trabalho.	-
lnPIBPC	PIB <i>per capita</i> . <i>Proxy</i> para renda relativa da população.	+

n.a. = não se aplica.

Fonte: elaborado pelo autor (2016).

Com base no Quadro 6, percebe-se que somente duas variáveis apresentam expectativa de possuírem sinais negativos (RAZAP e DESEMP). Isso acontece porque se esperam que turmas com menos alunos por professor sejam mais eficientes. Além disso, acredita-se que a taxa de desemprego tenha relação inversa com a eficiência do ensino médio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a coleta das variáveis, foram observados diversos valores ausentes para alguns países. Das 65 nações ou economias que realizaram o exame de PISA em 2012, somente 38 tinham dados suficientes para mensurar a eficiência (DEA) no período de 2010-2012; 33, no período 2007-2009; e 31, no período 2004-2006. No Apêndice C, podem ser visualizados todos os dados ausentes (de *inputs* e *outputs*) para cada um dos países que realizaram o exame de PISA em 2012.

Para o cálculo do Malmquist Index DEA, apenas 26 países fizeram parte da análise, já que somente aqueles que possuísem todos os dados para os três períodos de análise poderiam ser abordados por essa técnica.

Na regressão de dados em painel, a quantidade de observações varia de 69 até 100, dependendo de como o modelo é especificado. Isso é melhor detalhado na seção 4.3. Os dados ausentes para as variáveis independentes da regressão podem ser visualizados no Apêndice D e no Apêndice E.

Os resultados e as discussões da presente pesquisa dividem-se em 4 tópicos: (4.1) Análise Descritiva dos Dados; (4.2) Resultados do Primeiro Estágio; (4.3) Resultados do segundo estágio: regressão de com dados em painel; (4.4) Lições para o Brasil. No tópico (4.2), são apresentados o *ranking* de eficiência de cada país e as mudanças de produtividade, juntamente com seus componentes ao longo do tempo. No tópico (4.3), são detalhadas quais variáveis afetam a eficiência dos sistemas de ensino médio. Por fim, o tópico (4.4) apresenta algumas lições específicas para o ensino brasileiro.

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

Em um primeiro momento, foi realizada uma análise descritiva das variáveis de *input* e de *output* que compuseram o modelo DEA e que também foram utilizadas para o cálculo do Malmquist Index de Färe *et al.* (1994). Isso pode ser visualizado na Tabela 6. Para evitar a repetição de expressões, sempre que se falar em gastos por estudante (GPE), entender-se-á que a pesquisa estará fazendo referência aos gastos em US\$ e em PPP, exceto quando claramente especificado de outra maneira.

Tabela 6 – Análise descritiva dos países que tinham dados disponíveis para realizar o DEA

	GPE	PISA	TAXA
2004-2006 (n = 31)			
Média	6764,7	483,26	88,221
Desvio Padrão	3723,3	44,592	9,0569
Mínimo	1124,5 (COL)	381 (COL)	64,106 (MEX)
Máximo	15315 (LUX)	552,67 (FIN)	99,809 (ISR)
BRA	1314,82	384,33	72,37
2007-2009 (n = 33)			
Média	7018,4	478,62	87,933
Desvio Padrão	4536,1	46,998	9,0887
Mínimo	744,52 (IND)	368 (PER)	64,603 (IND)
Máximo	17336 (LUX)	545,67 (HON)	98,824 (ISR)
BRA	2475,53	401,00	75,99
2010-2012 (n = 38)			
Média	7858,3	477,34	87,453
Desvio Padrão	4992,6	47,52	8,3806
Mínimo	819,79 (IND)	375 (PER)	67,10 (MEX)
Máximo	21196,0 (MAC)	556,67 (HON)	99,48 (IRE)
BRA	3269,91	399,00	78,25

n = número de países que possuíam dados disponíveis no período analisado.

Fonte: dados da pesquisa (2016).

Durante todo o período, houve uma evolução de 16,2% da média dos gastos por estudante. Entretanto, a média do exame de PISA e a média da taxa de atendimento líquido tiveram uma redução no período (1,22% e 0,8%, respectivamente). *A priori* não é possível tirar nenhuma conclusão sobre isso, mas esses resultados já dão indícios de que os países, de maneira geral, diminuíram sua eficiência, pois estão gastando mais recursos para produzir menos produtos. O Brasil foi o país que mais aumentou seus gastos por aluno do período 2004-2006 para o período 2010-2012 (aumento de 248%). Ainda que o País tenha melhorado seus

resultados no exame de PISA e tenha aumentado a taxa de atendimento no período, esses *outputs* encontram-se abaixo da média.

No período 2010-2012, o Brasil teve um gasto por aluno inferior à média dos países (em média, US\$ 4.588 a menos por estudante) e resultados no exame de PISA também inferiores à média. Quando são considerados somente os países emergentes nesse período (BRA, BUL, CHI, COL, COS, HUN, IND, LIT, MAL, MEX, PER, POL, SER, THA), observa-se que o País gastou mais do que a média (US\$ 2923,19) e obteve resultados no exame de PISA e taxas de atendimento inferiores à desses países¹².

Ainda que Finlândia seja reconhecida por seu padrão de qualidade e tenha ficado com as maiores notas nas edições de PISA de 2003 e 2006, foi Hong Kong que obteve os melhores resultados nesse exame nos anos mais recentes (2009 e 2012), embora não seja o país que mais gaste em educação por aluno do ensino médio (US\$ 8086,92 na média de 2010-2012). 17 países gastaram mais nesse período do que Hong Kong. Peru obteve o pior resultado de PISA nesse mesmo período, tendo gasto US\$ 1065,68 por aluno, valor que o coloca no segundo lugar entre os países que menos investiram recursos públicos no ensino médio.

A Irlanda obteve o melhor *output* em relação à taxa de atendimento líquida no período mais recente (99,48%), ou seja, praticamente 100% dos estudantes do ensino médio encontram-se estudando na faixa etária adequada para sua idade. Esse país fez 512 pontos no exame de PISA e, para conseguir esses resultados, investiu US\$ 12108,45 por estudante.

Os piores resultados educacionais (PISA ou TAXA), independente do período analisado, foram alcançados por países emergentes.

No segundo momento da análise descritiva dos dados, são apresentados os valores mínimos, máximos, médias e desvios padrão das variáveis independentes. Isso pode ser visualizado na Tabela 7. Esses valores foram computados somente para os países que possuíam dados suficientes para rodar o DEA no primeiro estágio e levam em consideração todos os anos de análise. Dessa forma, essas variáveis correspondem a 38 países, no período de 2010-2012; 33 países, de 2007-2009; e 31 países, de 2004-2006. No entanto, determinadas variáveis estavam indisponíveis para alguns desses países. Nota-se principalmente que a variável PROF só pôde ser observada em 71 casos.

¹² A média dos países emergentes foi de 432,98 no exame de PISA e 81,25% de taxa líquida de atendimento.

Tabela 7 - Dados descritivos das variáveis independentes

	CORR	BACK	COMP	PROF	RECUR	CURRIC	RAZAP	ALUN	DESEMP	LNPIBPC
n	101	102	100	71	100	100	100	102	102	102
Min.	25,67	-1,80	0,00	18280	-1,05	-1,34	7,94	-0,33	0,80	8,92
Máx.	96,33	0,78	1,53	74481	1,64	1,15	31,42	0,91	22,37	11,64
Méd.	64,50	-0,19	0,47	28781	0,03	0,00	14,57	0,10	7,46	10,19
DP	20,93	0,55	0,31	14803	0,57	0,62	5,43	0,27	3,90	0,58
BRA	37,08	-1,15	0,08	10375	-0,43	-0,21	29,86	0,36	7,87	9,45

n = número de países que possuíam dados disponíveis.

Fonte: dados da pesquisa (2016).

Os dados do Brasil também foram incluídos na Tabela 7 (referem-se a uma média geral dos três períodos). Analisando esses dados, percebe-se que o Brasil tem desempenho pior para quase todas as variáveis: é mais corrupto, seus alunos estão em um *background* mais desfavorável, possui um menor número de computadores por aluno, paga salários inferiores aos docentes, possui menor autonomia de recursos e menor autonomia curricular, possui uma taxa de desemprego maior e um PIB *per capita* menor. A única exceção é a variável que mensura a qualidade de alunos, na qual o Brasil ficou à frente da média dos países. Além disso, o País possui mais professores por aluno, tema que levanta divergências na literatura e que a princípio é considerado como um bom indicador: ou seja, quanto menos alunos por professor em sala de aula, melhor. Nos Apêndices D e E, são evidenciadas em mais detalhes todas as variáveis ausentes e presentes para cada uma das 65 economias que realizaram o exame de PISA em 2012.

4.2 RESULTADOS DO PRIMEIRO ESTÁGIO

O primeiro estágio é dividido em duas partes. Na primeira delas, é aplicado o modelo clássico de DEA (VRS) de Banker, Charnes e Cooper (1984), com orientação *output*. Na segunda parte, para melhor compreender as mudanças de eficiência e de produtividade ao longo do tempo, foi aplicado o Malmquist Index DEA, de Färe *et al.* (1994).

Para realizar o procedimento do Malmquist Index DEA, é preciso que os países tenham todos os dados disponíveis em todos os períodos de

análise. Para manter o Brasil nessa amostra, foi necessário imputar dados para os anos de 2005 e 2006, pois o País não possuía nenhum dado da variável TAXA disponível nesse período. Para isso, foi criada uma linha de tendência de todas as observações disponíveis ao longo dos anos, que gerou um R^2 de 0,75. Assim, os valores dos anos de 2005 e 2006 foram estipulados com base na equação $Y = 1,1286x + 73,105$, e os dados de 2006 foram ajustados por meio de uma média com os anos de 2005, 2006 e 2007 (dado presente). Apesar de reconhecer as limitações desse tipo de imputação de dados, essa foi a única medida tomada para corrigir qualquer observação durante a pesquisa. Esse procedimento foi realizado com o objetivo de manter o Brasil na análise. Dessa forma, reforça-se que, no período 2004-2006, a eficiência do Brasil é mensurada por meio de uma estimação da variável TAXA, e a eficiência encontrada nesse período deve ser analisada levando-se essa informação em consideração.

4.2.1 Análise da Eficiência com o DEA (VRS)

Os escores de eficiência foram obtidos para cada período (2004-2006, 2007-2009 e 2010-2012). Por ser o período mais próximo e que poderia trazer mais informações relevantes, os alvos a serem atingidos (para os *outputs*) por cada país só foram apresentados para o período de 2010-2012. Com isso, para os demais períodos, são apresentados somente os índices de eficiência.

Como sugerido por Agasisti (2011), foi realizado um teste para checar a robustez dos *scores* obtidos nessa etapa. Hong Kong (DMU mais eficiente) e Brasil (DMU menos eficiente) foram retirados da amostra no período de 2010-2012, e um novo modelo DEA foi gerado. Logo em seguida, foram realizados testes de correlação com as duas amostras. Os resultados mostraram uma correlação de 0,99. Isso indica que a eficiência/ineficiência dos países não foi fortemente alterada pela subtração das DMUs mais e menos eficientes, o que demonstra a robustez dos resultados. O mesmo procedimento foi realizado para todos os países eficientes, que foram retirados um a um, e resultados semelhantes foram obtidos. Além disso, como pode ser observado no Apêndice F, a correlação entre o *input* e os *outputs* é positiva, conforme orienta Hung (2009).

Na Tabela 8, são evidenciados os resultados de eficiência obtidos por meio da aplicação do DEA. Além da eficiência nos três períodos de análise, também são evidenciados os alvos (de PISA e da TAXA) a serem atingidos pelos países ineficientes no período de 2010-2012. Essa tabela

ainda é útil para demonstrar quais países fizeram parte das análises nos distintos períodos.

Tabela 8 - Análise da eficiência com DEA em todos os países (VRS – orientação *output*)

DMU	2010-2012 (n = 38)			2007-2009 (n = 33)	2004-2006 (n = 31)
	EFI	Alvo PISA	Alvo TAXA	EFI	EFI
HON	1	-	-	1	0,996
IND	1	-	-	1	-
IRE	1	-	-	0,993	0,956
ISR	1	-	-	1	1
JAP	1	-	-	1	1
PER	1	-	-	1	-
POL	1	-	-	1	1
SER	1	-	-	1	-
EST	0,994	532,07	91,63	0,953	1
LIT	0,992	490,22	93,66	0,981	1
HUN	0,983	493,96	93,61	0,971	0,957
FRA	0,981	527,94	99,25	0,987	0,97
FIN	0,975	544,64	95,32	1	1
NEW	0,972	522,89	98,43	-	-
SPA	0,961	540,76	99,06	0,950	0,940
LAT	0,960	516,45	90,34	0,947	-
NOR	0,958	514,67	99,44	0,985	0,973
NET	0,955	546,11	93,81	0,954	0,947
ITA	0,953	536,64	98,98	0,954	0,926
THA	0,951	458,46	91,59	1	-
MAC	0,947	556,66	82,98	-	-
AUS	0,947	541,16	91,1	0,955	0,958
SWI	0,944	552,37	87,38	0,9503	0,929
SLO	0,941	539,4	99,08	-	-
UNK	0,935	538,43	99,1	0,942	0,959
CHI	0,934	465,23	94,14	0,978	-

DMU	2010-2012 (n = 38)			2007-2009 (n = 33)	2004-2006 (n = 31)
	EFI	Alvo PISA	Alvo TAXA	EFI	EFI
SWE	0,929	518,35	99,39	0,988	1
BUL	0,923	478,34	91,94	0,916	0,994
DEN	0,921	541,61	98,42	0,922	0,934
CYP	0,906	512,66	99,47	-	-
ICE	0,905	536,26	97,96	0,924	0,920
USA	0,903	542,42	97,6	0,920	0,916
LUX	0,901	544,13	95,84	0,886	0,877
MEX	0,895	463,84	91,47	0,924	0,967
COS	0,879	478,37	91,16	-	-
COL	0,867	448,97	91,82	0,915	1
MAL	0,845	494,78	90,81	-	-
BRA	0,843	473,62	92,8	0,865	0,977
BEL	-	-	-	-	0,923
GRE	-	-	-	-	0,906
JOR	-	-	-	-	1
KOR	-	-	-	1	1
POR	-	-	-	-	0,871
Média	0,947	515,047	94,586	0,962	0,961

n = número de países que possuíam dados disponíveis.

Fonte: dados da pesquisa (2016).

Israel, Japão e Polônia foram eficientes nos três períodos de análise. Israel e Polônia são países que gastam relativamente pouco e obtêm *outputs* satisfatórios, em comparação com os demais países. No período de 2010-2012, por exemplo, Israel gastou US\$ 4730,42 por estudante, colocou 97,8% dos adolescentes com faixa etária adequada no ensino médio e conseguiu alcançar 470 pontos no exame de PISA. Estados Unidos, por exemplo, gastou nesse mesmo período US\$ 11459,46 por estudante (mais do que o dobro de Israel), obteve uma taxa de atendimento líquida de 88,17% e uma nota de PISA de 490. Assim, foi considerado ineficiente pelo modelo do DEA. Polônia, por outro lado, investiu mais do que Israel (US\$ 5279,87), conseguiu um resultado melhor no exame de PISA (521,6) no período de 2010-2012 e atendeu

90,29% dos estudantes do ensino médio. Levando em consideração o que a literatura tem demonstrado sobre a importância da qualidade da educação, Israel talvez necessite agora direcionar os esforços no sentido de melhorar seus resultados nos testes de proficiência, já que praticamente todos os seus estudantes de ensino médio encontram-se no nível adequado de escolaridade.

No período de 2004-2006, 10 países foram eficientes na alocação de seus recursos. Dentre eles, destacam-se alguns emergentes, como a Colômbia, Jordânia, Lituânia e Polônia. Em relação à Colômbia, ressalta-se que ela é o país que menos gastou por aluno no período analisado (US\$ 1124), obteve a menor nota de PISA e a segunda menor taxa de atendimento (66,49%). O período de 2004-2006 foi o único em que o Brasil não ficou entre os 5 países mais ineficientes (Portugal, Luxemburgo, Grécia, Islândia e Estados Unidos). Todavia, a eficiência do Brasil foi mensurada com dados imputados para esse período e, portanto, tais resultados podem ter sido afetados por conta dessa estimativa. Em consonância com esses achados, Agasisti (2014) evidenciou que Portugal, Grécia e Itália foram alguns dos países mais ineficientes em seu trabalho. Os resultados de Aristovnik e Obadic (2014) também apontam Itália e Portugal como países bastante ineficientes.

A respeito da Grécia, destaca-se que o país enfrenta, desde a década passada, uma crise fiscal e econômica. A dívida pública desse país era a segunda maior do mundo em 2015 (177,40% de seu PIB). Já Portugal tinha a quinta maior dívida pública do mundo (129% de seu PIB) (CIA, 2015). Luxemburgo possuía a oitava maior dívida externa do mundo no final de 2014 (CIA, 2014). É plausível que a ineficiência na aplicação dos recursos públicos nesses países tenha ajudado a acentuar esse endividamento. De uma outra perspectiva, é possível que o próprio endividamento tenha levado esses países a ineficiência, já que parte do esforço das políticas públicas precisa ser direcionada ao pagamento das dívidas e dos respectivos juros. Entretanto, não é possível saber se Portugal e Grécia melhoraram sua eficiência em anos mais recentes, visto que eles não apresentaram os dados necessários para que essa análise fosse possível.

O Modelo 1 (DEA) de Aristovnik e Obadic (2014) apontou alguns dados divergentes. Grécia, por exemplo, foi um país eficiente no ano de 2006. Entretanto, diferentemente da presente pesquisa, os autores utilizaram a taxa bruta de atendimento (ao invés da líquida), o exame de PISA e a razão aluno/professor como *outputs*. O *input* foi mensurado em % do PIB *per capita*. Considerando ainda que a amostra foi diferente, é compreensível que resultados distintos sejam evidenciados. Esses

resultados são importantes para entender como o DEA é influenciado pelo uso de diferentes variáveis, ainda que estas procurem evidenciar características semelhantes (os *inputs* utilizados por Aristovnik e Obadic (2014), assim como na presente pesquisa, possuem relação com os gastos públicos). Por outro lado, alguns achados dos autores convergem: Finlândia, por exemplo, foi destacada como eficiente no ano de 2006 (ARISTOVNIK; OBADIC, 2014). Em consonância com Cuellar (2014), acredita-se que a taxa líquida de atendimento é um indicador mais preciso para mensurar a universalização da educação.

Novamente 10 países compuseram a fronteira de eficiência no período de 2007-2009. Entre os 5 mais ineficientes, estão Brasil, Luxemburgo, Colômbia, Bulgária e Estados Unidos. Nesse período, o Brasil alcançou apenas 86,5% de seus potenciais *outputs*. Esse país e Bulgária possuem uma característica em comum: ambos foram os que mais ampliaram seus recursos no período de 2004-2006 para 2010-2012. Como os *inputs* educacionais demoram algum tempo para serem transformados em *outputs*, é possível que uma das explicações para esses países estarem ineficientes seja justamente essa ampliação dos gastos.

Coco e Lagravinese (2014) encontraram que Espanha, Itália, Chile e Israel foram os países mais ineficientes no ano de 2009 na transformação dos gastos cumulativos com educação em resultados no exame de PISA. O que leva Israel a ser eficiente na presente pesquisa e ineficiente na dos autores é justamente o fato de que esse país tem altas taxas líquidas de atendimento, *output* que não foi utilizado por Coco e Lagravinese (2014). Dos países eficientes que compuseram a presente pesquisa, a Coreia do Sul também foi destacada como eficiente no ano de 2009 pelos autores.

Com uma amostra de países emergentes e analisando o período de 2000 a 2009, Cuellar (2014) encontrou alguns resultados similares aos apurados na Tabela 8. Por exemplo, Colômbia e México também apareceram como países ineficientes. Todavia, na pesquisa do autor, Brasil, Chile e Peru foram considerados eficientes na aplicação de seus recursos. Por outro lado, no trabalho de Giménez, Prior e Thieme (2007), a Indonésia foi considerada ineficiente, ainda que a eficiência avaliada pelos autores tenha considerado os recursos físicos e humanos como *inputs*, que se diferenciam das métricas utilizadas na presente pesquisa. Importante notar que a amostra dos autores também não é a mesma (Brasil, por exemplo, não faz parte). Uma das possíveis explicações para a eficiência da Indonésia nesta análise é que o DEA geralmente torna eficiente a DMU que possui os menores valores de *inputs* e *outputs*.

No período 2010-2012, o Brasil foi o país mais ineficiente na aplicação de seus recursos. Com os atuais níveis de investimentos, o País deveria alcançar 473 pontos no exame de PISA e ter uma taxa de atendimento líquida de 92,8%. Os *benchmarks* para o Brasil desse período foram Japão, Polônia e Sérvia, sendo este último o *benchmark* mais representativo. Assim, com o objetivo de alcançar os alvos necessários, o Brasil deveria procurar conhecer quais são as iniciativas que esses países implementam. Alguns dos que alcançaram resultados próximos de 473 pontos no exame de PISA foram Israel, Suíça, Irlanda e Hungria (470, 481, 485 e 485, respectivamente). Já para a TAXA, Reino Unido, Lituânia e Finlândia são os países mais próximas do alvo a ser atingido (92,64%, 92,92% e 92,94% respectivamente). Sérvia fez 447 pontos em PISA e atende 91,84% dos seus estudantes. Entender como esses países organizam o ensino médio e como gerenciam esse sistema pode ser importante para o Brasil usá-los de exemplo e melhorar sua eficiência.

Nesse mesmo período, Malásia, Colômbia, Costa Rica e México foram, respectivamente, os países mais ineficientes. Uma característica em comum desses países é que todos eles são economias emergentes e com exceção da Malásia, todos são da América Latina. Em média, os cinco países mais ineficientes (incluindo o Brasil), alcançaram somente 86,58% dos seus possíveis *outputs*.

A Finlândia é um país reconhecido por seus bons desempenhos educacionais, entretanto, atualmente, não está aplicando seus recursos de maneira eficiente. Ainda assim, esse país apareceu como eficiente em diversos estudos acadêmicos (ARISTOVNIK; OBADIC, 2014, AGASISTI, 2014). A nação piorou seus resultados no exame de PISA em quase 4%, passando de 552 pontos, em 2006, para 531 pontos em 2012. Para tornar-se eficiente novamente, o país deveria alcançar uma nota de 544,64 pontos no exame de PISA e aumentar a TAXA para 95,32% (atualmente é de 92,94%). Interessante notar que o alvo a ser atingido no exame de PISA (Tabela 8), pela Finlândia, é muito próximo à nota que obteve no ano de 2006 (545 pontos).

Dos 8 países eficientes no período mais recente, um foi o que menos gastou (IND), um obteve a melhor nota de PISA (HON), um obteve a menor taxa de PISA (PER) e um obteve a melhor taxa de atendimento (IRE). Esses resultados podem ser parcialmente explicados pela liberdade de atribuição dos pesos aos *outputs* dados pelo modelo tradicional do DEA. Por exemplo, ainda que o Peru tenha obtido um fraco desempenho no exame de PISA, esse país obteve uma TAXA de 78,43%, gastou três vezes menos o que o Brasil gastou e obteve a mesma TAXA. Levando em consideração que esses *outputs* são baixos e que o

desenvolvimento das sociedades depende deles, Peru e Indonésia deveriam tentar melhorar seus *outputs* educacionais. No caso específico desses dois países, provavelmente seja necessário que mais investimentos sejam realizados nessa área com o objetivo de ampliar as taxas de atendimento e melhorar a qualidade do sistema de ensino.

A fim de melhor visualizar a distribuição das eficiências encontradas, foi montado o Quadro 7, que apresenta em que quartis os países encontram-se, levando em consideração somente o período de 2010-2012.

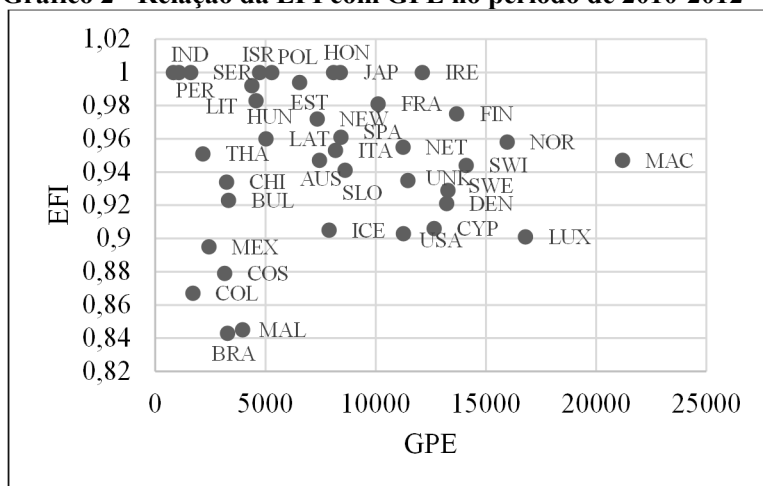
Quadro 7 – Eficiência de acordo com os quartis (2010-2012)

I quartil	II quartil	III quartil	IV quartil
HON	LIT	THA	CYP
IND	HUN	MAC	ICE
IRE	FRA	AUS	USA
ISR	FIN	SWI	LUX
JAP	NEW	SLO	MEX
PER	SPA	UNK	COS
POL	LAT	CHI	COL
SER	NOR	SWE	MAL
EST	NET	BUL	BRA
	ITA	DEN	

Fonte: dados da pesquisa (2016).

Nesse quadro, fazem parte dos 25% países mais ineficientes (IV Quartil): Luxemburgo, Estados Unidos, Islândia, Cyprus, México, Costa Rica, Colômbia, Malásia e Brasil. Nesse período, Luxemburgo foi o segundo país que mais investiu no sistema educacional (US\$ 16789 por aluno), ficando atrás somente de Macau (China). Cyprus e Estados Unidos gastaram valores próximos um do outro e também obtiveram *outputs* semelhantes. Islândia gastou US\$ 7879 por estudante. Além dos 8 países eficientes já elencados, fazem parte dos 25% países mais eficientes, como a Sérvia e Estônia.

Com o objetivo de evidenciar a relação da EFI com a GPE, foi montado o Gráfico 2. Com ele é possível observar os países que investiram mais em educação no período de 2010-2012.

Gráfico 2 - Relação da EFI com GPE no período de 2010-2012

Fonte: dados da pesquisa.

Com esse gráfico, é possível observar que o Brasil, além de ser o país mais ineficiente do período de 2010-2012, é também um dos países que menos gastam no ensino médio por aluno. Para confirmar a tendência observada no Gráfico 2, foi realizada uma correlação entre as variáveis EFI e GPE (-0,008), o que indica não haver nenhuma relação entre essas duas variáveis. Duas constatações podem ser interpretadas desses resultados: a primeira delas é que a diminuição dos recursos públicos não torna, necessariamente, a gestão eficiente, e a segunda é de que o aumento desses gastos tampouco pode ser relacionado com suas eficiências. Além de não ter relação com a eficiência, Rajkumar e Swaropp (2008) reforçam que o aumento dos recursos na educação não melhora o desenvolvimento de países que não possuam uma adequada gestão administrativa.

No Gráfico 2, é ainda possível observar como Macau se distancia dos demais países em questão de investimentos na educação. O país eficiente que teve o maior gasto por aluno foi a Irlanda, seguida por Japão e por Hong Kong. É possível visualizar também que os 5 países mais ineficientes no período possuem gastos similares com o ensino médio (gastam em média US\$ 2900,05 por aluno). Descobrir quais características culturais, sociais e econômicas levam esses países a obterem resultados insatisfatórios requer uma análise mais a fundo de cada um deles.

Assim, para de tentar categorizar os países, o Quadro 8 separa-os em 4 grupos e leva em consideração a eficiência de cada um e seus respectivos gastos por aluno.

Quadro 8 – Países eficientes/ineficientes em relação ao GPE (2010-2012)

Eficientes e com GPE maior do que a média		Eficientes e com GPE menor do que a média	
HON IRE JAP		IND ISR PER POL SER	
Ineficientes e com GPE maior do que a média		Ineficientes e com GPE menor do que a média	
CYP DEN FIN FRA ICE ITA LUX MAC	NET NOR SLO SPA SWE SWI UNK USA	AUS BUL BRA CHI COL COS EST HUN	LAT LIT MAL MEX NEW THA

Fonte: elaborado pelo autor (2016).

É possível reparar que, dado às características da amostra analisada, a maior parte dos países que são ineficientes gastam mais por aluno (16 países). Agasisti (2014) também demonstra que um grupo de países, apesar do alto gasto, possui baixos escores de eficiência (UNK, FRA, GER). Do grupo de países que gastam pouco e são ineficientes, somente Austrália, Estônia, Letônia (LAT) e Nova Zelândia são considerados países desenvolvidos. Esses quatro gastam em média US\$ 6590 por aluno, um gasto relativamente baixo se comparado com outras nações desenvolvidas. Somente três países conseguiram gastar mais do que a média e ainda permanecer eficientes.

Dos países da América do Sul que realizaram o exame de PISA, Argentina e Uruguai não tinham dados disponíveis suficientes para rodar o DEA em nenhum período de análise. Uruguai e Chile são destacados como países com melhores índices de eficiência, conforme Ribeiro (2008) e Cuellar (2014). Ribeiro (2008) ainda demonstra o bom desempenho da Costa Rica, e Cuellar (2014), o bom desempenho de Brasil. Por outro lado, os resultados de Ribeiro (2008) mostram que o Brasil foi ineficiente na aplicação dos seus recursos no período de 1998 a 2002. Nenhum país

das Américas conseguiu ser eficiente no período de 2010-2012 da presente pesquisa.

No período mais atual (2010-2012), os países alcançaram em média 95% dos seus potenciais *outputs* e houve espaço para melhorias no ensino médio dos países analisados. Cuellar (2014), por exemplo, concluiu que alguns países da Europa poderiam ampliar seus *outputs* em até 10% e manter constante o nível de recursos investidos.

Analisando todos os períodos em conjunto, observa-se que, de maneira geral, o Brasil foi um dos países mais ineficientes nos dois períodos mais recentes. Isso pode servir como um sinal de alerta para os gestores públicos brasileiros, visto que países que hoje se encontram com problemas econômicos (como a Grécia, por exemplo), eram os mais ineficientes em períodos mais antigos.

Mesmo considerando somente os países emergentes, o Brasil encontra-se em uma situação desconfortável, já que foi mais ineficiente do que a maioria dos países. Isso implica dizer que os atuais recursos investidos estão sendo gastos de maneira que o retorno sobre os investimentos não está sendo transformado adequadamente em *outputs* para a população. Compreendendo a importância da qualidade da educação para o crescimento econômico das sociedades, é preciso rever as políticas públicas que estão sendo adotadas para corrigir essa falha.

4.2.2 As mudanças de eficiência com o Malmquist Index DEA

Ao observar os resultados da Tabela 8, percebem-se distintos níveis de eficiência em diferentes períodos. A eficiência média do período de 2004-2006 para o período 2010-2012, por exemplo, diminuiu 1,5%. Entretanto, esse tipo de análise não leva em consideração que a própria fronteira de tecnologia possa ter sido alterada ao longo do tempo, o que mudaria as eficiências relativas de cada país. É preciso ainda levar em consideração que a amostra analisada na seção 4.2.1 é distinta da analisada pelo Malmquist Index. Desse modo, foi necessário apresentar os índices de eficiência calculadas por meio dos Retornos Constantes de Escala (CRS) para essa amostra. No Apêndice G são apresentados os resultados da aplicação do DEA (VRS e CRS), com orientação *outputs* para os 26 países que continham dados em todos os períodos e, consequentemente, estavam aptos a serem analisados pelo índice de Malmquist. Devido à ausência de alguns países eficientes elencados no período 2010-2012, em relação à amostra de 38 países, algumas economias que antes eram considerados ineficientes passaram a compor a fronteira de eficiência (COL e LIT). De fato, analisando somente a

eficiência pelo CRS, a Colômbia é o único país que está sob a fronteira em todos os períodos e a única no período mais recente.

Relembra-se que Malmquist Index DEA de Färe *et al.* (1994) permite decompor a mudança de produtividade (MALMQ) em quatro componentes: mudança de eficiência (EFFCH), mudança de tecnologia (TECHCH), mudança na eficiência pura (PECH) e mudança de escala de eficiência (SECH). Um outro ponto que precisa ser lembrado é que o índice apresentado por esses autores leva em consideração os retornos constantes de escala (CRS) e os retornos variáveis de escala (VRS), dependendo do componente que for analisado.

Os índices foram calculados para compreender as mudanças ocorridas de dois em dois períodos. Na Tabela 9, são apresentados os resultados do índice Malmquist em relação ao período de 2004-2006 até 2007-2009.

Tabela 9 - Malmquist - orientação *output* (2004-2006 → 2007-2009)

DMU	Produtividade Total dos Fatores de Produção (MALMQ)	Mudança de Tecnologia (TECHCH)	Mudança de Eficiência (EFFCH)	Mudança de Eficiência Pura (PECH)	Mudança de Escala de Eficiência (SECH)
BRA	1,793	1,064	1,685	1,080	1,561
BUL	1,769	1,064	1,663	1,026	1,621
EST	1,616	1,106	1,460	1,012	1,443
LIT	1,508	1,064	1,417	1,007	1,408
POL	1,324	1,091	1,214	1,000	1,214
IRE	1,298	1,074	1,208	0,963	1,255
UNK	1,285	1,071	1,200	1,017	1,179
SPA	1,281	1,064	1,204	0,990	1,216
SWI	1,281	1,139	1,124	0,978	1,149
FIN	1,224	1,138	1,076	1,000	1,076
NET	1,204	1,139	1,058	0,995	1,063
AUS	1,194	1,139	1,048	1,010	1,038
USA	1,172	1,082	1,083	0,988	1,096
NOR	1,142	1,064	1,073	0,988	1,086
HUN	1,141	1,090	1,047	0,977	1,072
SWE	1,140	1,064	1,072	1,013	1,058
LUX	1,136	1,135	1,001	0,989	1,012
JAP	1,126	1,069	1,054	1,000	1,054
MEX	1,112	1,139	0,976	0,981	0,995
FRA	1,108	1,064	1,042	0,983	1,060

DMU	Produtividade Total dos Fatores de Produção (MALMQ)	Mudança de Tecnologia (TECHCH)	Mudança de Eficiência (EFFCH)	Mudança de Eficiência Pura (PECH)	Mudança de Escala de Eficiência (SECH)
COL	1,101	1,101	1,000	1,000	1,000
HON	1,064	1,139	0,934	1,000	0,934
ITA	1,060	1,064	0,996	0,971	1,026
DEN	1,058	1,102	0,959	1,006	0,954
ICE	1,048	1,112	0,942	0,983	0,958
ISR	1,030	1,064	0,968	1,000	0,968
Média	1,239	1,094	1,135	0,998	1,134

Fonte: dados da pesquisa (2016).

Ao analisar os resultados da Tabela 9, percebe-se que o Brasil, além de ter sido o país que mais melhorou sua gestão, aproximando-se da fronteira de eficiência (*catching up*) (EFFCH = 1,68), também foi o que mais conseguiu aumentar seu índice de Malmquist (MALMQ). As mudanças de tecnologia também contribuíram com a melhora da produtividade (1,064), indicando que o Brasil foi influenciado pelas mudanças tecnológicas no período analisado. Os resultados encontrados pelo País foram muito próximos aos resultados da Bulgária. Entretanto, é possível visualizar que quando são levados em consideração os retornos variáveis de escala, o Brasil pouco conseguiu melhorar a sua eficiência pura (PECH) (1,080). As mudanças de escala (SECH) tiveram um impacto principalmente na Bulgária, Brasil, Estônia e Lituânia.

Nesse período, todos os países aumentaram sua produtividade total, mas somente 11 tiveram esse aumento por causa de melhorias gerencias. Os outros 22 foram influenciados principalmente pelas próprias inovações tecnológicas que ocorreram no período. Além disso, seis países tiveram uma piora na sua eficiência técnica relativa e só conseguiram aumentar o MALMQ porque foram beneficiados pelo deslocamento da fronteira de eficiência.

Quando são considerados os retornos variáveis de escala, percebe-se que houve uma redução de eficiência pura (contração de 0,17%). Nesse período, a produtividade total aumentou em 23,89% e foi mais influenciada pela EFFCH do que pela TECHCH. Colômbia foi o único país que não alterou sua eficiência durante esses períodos, ainda que tenha se beneficiado das inovações ocorridas.

No trabalho de Agasisti (2014), a Hungria foi o país que mais melhorou seu MALMQ (1,075) e aprimorou sua eficiência (1,109),

valores que são relativamente próximos aos resultados apresentados na presente pesquisa. Ressalta-se ainda que o período de análise também é similar (mudanças ocorridas de 2006 a 2009). Entretanto, a produtividade média total diminuiu 1,7% em Agasisti (2014). Uma das explicações para os resultados divergentes nas duas pesquisas é a de que a presente amostra conta com um número superior de países emergentes e pode haver mais espaço para melhoria nessas nações do que em economias que possuam um sistema de ensino já consolidado. Brasil, Colômbia, México e Lituânia são os países emergentes que não fizeram parte da pesquisa de Agasisti (2014).

Na Tabela 10, podem ser visualizados os resultados encontrados nas mudanças ocorridas entre os períodos mais recentes.

Tabela 10 - Malmquist - orientação output (2007-2009 → 2010-2012)

DMU	MALMQ	TECHCH	EFFCH	PECH	SECH
BRA	1,304	1,261	1,034	1,035	0,999
COL	1,243	1,243	1,000	1,000	1,000
POL	1,228	1,301	0,944	1,000	0,944
MEX	1,192	1,301	0,916	0,991	0,925
HON	1,191	1,301	0,915	1,000	0,915
FIN	1,158	1,301	0,890	1,026	0,868
SWE	1,138	1,254	0,908	1,063	0,855
JAP	1,125	1,301	0,865	1,000	0,865
AUS	1,121	1,301	0,862	1,025	0,840
SWI	1,086	1,301	0,835	1,007	0,829
UNK	1,071	1,301	0,823	1,009	0,816
ISR	1,066	1,188	0,897	1,000	0,897
DEN	1,065	1,301	0,818	1,009	0,811
FRA	1,061	1,244	0,853	1,006	0,847
EST	1,061	1,301	0,815	0,994	0,821
NOR	1,059	1,257	0,843	1,028	0,820
NET	1,054	1,301	0,810	1,003	0,808
BUL	1,049	1,248	0,840	0,990	0,848
IRE	1,031	1,245	0,829	0,993	0,835
LIT	1,022	1,256	0,814	0,993	0,820
USA	1,019	1,301	0,783	1,026	0,763
HUN	1,007	1,292	0,779	0,991	0,787
SPA	0,980	1,255	0,780	0,988	0,790
ICE	0,966	1,301	0,743	1,035	0,718
ITA	0,953	1,261	0,756	1,001	0,755
LUX	0,951	1,301	0,731	0,985	0,742
Média	1,085	1,278	0,850	1,007	0,843

Fonte: dados da pesquisa (2016).

Ainda que o Brasil tenha sido o país que mais melhorou sua produtividade total no período, é possível visualizar uma inversão no valor dos componentes do MALMQ: a produtividade brasileira foi mais influenciada pela mudança da fronteira de eficiência (1,261) do que propriamente por melhorias em seu sistema gerencial. Nesse mesmo período, ainda que beneficiadas pelas inovações ocorridas, quatro nações tiveram uma diminuição do seu índice de Malmquist, e isso ocorreu por causa de uma piora gerencial presenciada por esses países (EFFCH médio de 0,752).

Importante notar que esse período coincide com o aprofundamento da crise financeira acentuada em 2008 e que hoje já é chamada de Grande Recessão. Seus efeitos ainda são sentidos em distintos países da Europa e do mundo. Essa crise pode ter intensificado degradações nos sistemas gerencias desses países, e isso pode ter levado a diminuição da EFFCH em 15% entre os dois períodos. Entretanto, o MALMQ teve uma melhora de 8,5%, influenciada quase que exclusivamente pelas inovações tecnológicas ocorridas no período. Os principais países que contribuíram para essa melhoria de produtividade foram os emergentes (BRA, COL, POL, MEX). A única exceção desse período foi o Brasil, que além de ter aproveitado os benefícios das mudanças tecnológicas, ainda conseguiu melhorar sua eficiência gerencial em 3,4%.

Levando em consideração os retornos variáveis da escola, ocorreu um aumento médio na eficiência pura de 0,7%(PECH). Para melhor captar as mudanças de produtividade e compreender suas tendências, a análise de períodos mais longos pode ser útil. Com esse objetivo, os resultados encontrados entre os períodos 2004-2006 a 2010-2012 são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Malmquist - orientação output (2004-2006 → 2010-2012)

DMU	MALMQ	TECHCH	EFFCH	PECH	SECH
BRA	2,346	1,346	1,743	1,117	1,560
BUL	1,822	1,304	1,397	1,016	1,375
EST	1,737	1,458	1,191	1,006	1,184
POL	1,662	1,450	1,146	1,000	1,146
LIT	1,514	1,313	1,154	1,000	1,154
FIN	1,417	1,480	0,957	1,026	0,933
SWI	1,391	1,482	0,939	0,985	0,953
UNK	1,373	1,390	0,988	1,026	0,963
IRE	1,373	1,371	1,001	0,956	1,047
COL	1,369	1,369	1,000	1,000	1,000

AUS	1,338	1,482	0,903	1,035	0,872
MEX	1,325	1,482	0,894	0,972	0,920
SWE	1,294	1,330	0,973	1,076	0,904
NET	1,269	1,482	0,856	0,998	0,858
HON	1,267	1,482	0,855	1,000	0,855
JAP	1,260	1,383	0,911	1,000	0,911
SPA	1,246	1,327	0,939	0,977	0,961
USA	1,197	1,411	0,848	1,014	0,837
NOR	1,193	1,320	0,904	1,015	0,891
FRA	1,177	1,324	0,889	0,989	0,899
HUN	1,134	1,390	0,816	0,968	0,843
DEN	1,119	1,425	0,785	1,014	0,774
ISR	1,097	1,264	0,868	1,000	0,868
LUX	1,079	1,475	0,732	0,974	0,751
ITA	1,002	1,331	0,753	0,972	0,775
ICE	0,998	1,427	0,700	1,018	0,687
Média	1,346	1,396	0,967	1,006	0,958

Fonte: dados da pesquisa (2016).

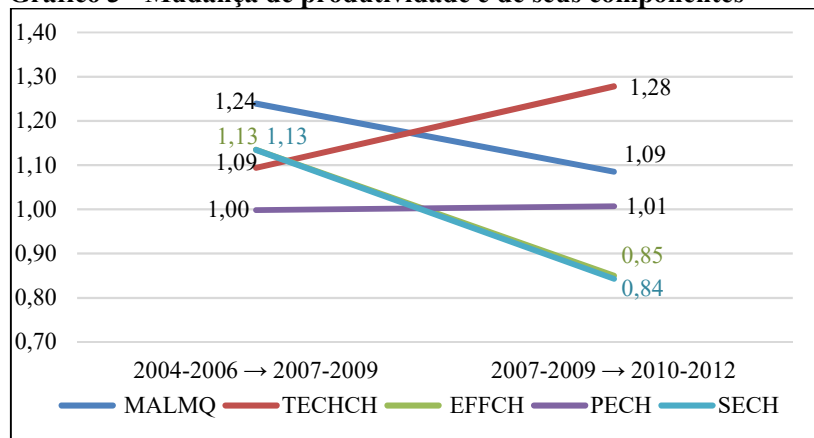
Utilizando o Índice Malmquist do período 2004-2006 em comparação com o último período (2010-2012), é salutar afirmar que o Brasil teve um ganho de 134% em sua produtividade total, seguido pela Bulgária (82%), Estônia (74%), Polônia (66%) e Lituânia (51%). Com exceção do Brasil e da Bulgária, a produtividade de todos esses países foi mais beneficiada pelos avanços tecnológicos ocorridos no período do que por melhorias em suas eficiências relativas.

Quando esse período mais longo é levado em consideração, a EFFCH média apresenta uma redução de 3,3%. Por outro lado, todos os países melhoraram sua produtividade, com exceção da Islândia, devido a falhas gerencias que diminuíram sua eficiência em 30%. Quando os retornos variáveis de escala são levados em consideração, obteve-se um incremento médio na eficiência de 0,6%. Como nesse período a SECH < PEFCH, os retornos variáveis de escala favoreceram os países analisados.

Uma observação a ser feita é de que não é possível analisar os períodos de maneira cumulativa, ou seja, se os resultados obtidos com as mudanças ocorridas entre 2004-2006 e 2007-2009 (Tabela 9) forem somados com as mudanças ocorridas entre 2007-2009 e 2010-2012 (Tabela 10), os resultados não serão iguais quando o período completo é analisado (entre 2004-2006 e 2010-2012). Por esse motivo, optou-se por apresentá-los de maneira desagregada.

O Gráfico 3 apresenta a evolução do índice Malmquist e de seus componentes quando os períodos são analisados de maneira independente.

Gráfico 3 - Mudança de produtividade e de seus componentes



Fonte: dados da pesquisa (2016).

É possível ver que houve uma diminuição de produtividade no período total e na eficiência quando são considerados o CRS, ainda que tenha ocorrido uma evolução na fronteira de produção (aumentos tecnológicos). Por outro lado, a PECH se manteve praticamente inalterada no período e, por conta disso, a SECH e a EFFCH possuem valores muito similares nos dois períodos analisados, indicando que, de maneira geral, a mudança de escala não interfere no aumento de produtividade desses países. Um outro ponto que pode ser notado é de que, na mudança de períodos, a relevância da EFFCH e da TECHCH se inverteram, e no período mais recente, o aumento de produtividade dos países se deu quase que exclusivamente por inovações tecnológicas. Não fossem essas inovações, muito provavelmente a maioria das nações nem sequer teriam melhorado sua produtividade.

Para entender quais países são os responsáveis pela mudança da fronteira de eficiência, Färe *et al.* (1994) comenta que as DMUs devem satisfazer as seguintes condições:

$$\text{TECHCH}^k > 1 \quad (4.1)$$

$$D_O^t(x^{k,t+1}, y^{k,t+1}) > 1 \quad (4.2)$$

$$D_O^{k,t+1}(x^{k,t+1}, y^{k,t+1}) = 1 \quad (4.3)$$

As equações (4.1) a (4.3) levam em consideração se a DMU é tecnicamente eficiente (CRS) no período $t+1$ e se teve um aumento de produtividade causado pela mudança de tecnologia no período $t+1$, em relação ao período t . Com isso, é possível perceber que a Colômbia foi o único país responsável por formar a fronteira de eficiência (Apêndice G) nos três períodos (CRS) e ainda possuir uma mudança tecnológica maior do que um. Nesse sentido, ela é o país responsável pelas mudanças ocorridas na fronteira ao longo de todos os períodos, como pode ser visualizado no Quadro 9.

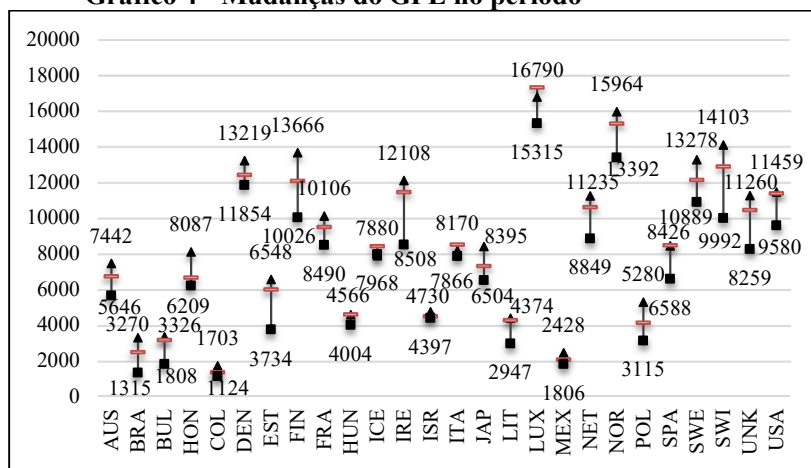
Quadro 9 - Países que alteraram a fronteira de eficiência (CRS)

Período	País
(2004-2006) → (2007-2009)	COL
(2007-2009) → (2010-2012)	COL
(2004-2006) → (2010-2012)	COL

Fonte: dados da pesquisa.

Uma outra evidenciação que pode ser feita para comparar as mudanças de produtividade é em relação à expansão ou retração dos investimentos por estudantes feita no período (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Mudanças do GPE no período



▲ = período de 2010-2012; ■ = período de 2004-2006; - = período de 2007-2009.

Fonte: elaborado pelo autor (2016).

Durante os períodos de 2004-2006 e 2010-2012, alguns países como Suíça, Finlândia ou Irlanda tiveram um aumento em termos monetários (US\$4111, US\$ 3640 e US\$ 3600, por aluno, respectivamente). Entretanto, por serem países com um sistema educacional bem desenvolvido (Irlanda, por exemplo, possui a maior taxa de atendimento para o período de 2010-2012), os retornos sobre esses investimentos crescem de maneira mais lenta, já que estão próximos dos níveis ideais. Desse modo e analisando a EFFCH apresentada na Tabela 11, nota-se que a Finlândia e a Suíça tiveram uma perda gerencial, e a Irlanda praticamente manteve sua eficiência inalterada. Agasisti (2014) abre duas possibilidades sobre assunto: i) a diminuição na eficiência pode ser justificada, pois esses países já alcançaram um nível de eficiência estável; ou ii) o tempo analisado é muito curto para capturar alguma mudança. Como a segunda opção foi razoavelmente superada (já que agora o período de análise é maior), acredita-se que a melhor hipótese para a diminuição da eficiência desses países é relacionada com a primeira opção.

Por outro lado, Brasil, Bulgária, Estônia e Polônia foram os países que mais aumentaram os investimentos em termos percentuais (249%, 184%, 175% e 170%, respectivamente). Lituânia teve a sexta maior expansão no período (148%). Ainda assim, esses foram os únicos países que obtiveram melhorias na sua eficiência técnica entre esses dois períodos, o que pode ser explicado pela relação oposta ao apresentado no parágrafo anterior: esses países ainda possuem um grande espaço para melhorias em seus *outputs* educacionais, e o aumento do investimento traduz-se em resultados educacionais de maneira mais rápida. Isso não parece ser capaz de tornar alguns deles eficientes, como elencado na seção 4.2.1, mas, quando são consideradas as mudanças entre os períodos, esses países mostraram-se capazes de ter melhorias gerenciais em seus sistemas de ensino.

Na contramão da grande maioria, alguns países reduziram seus investimentos no último período (de 2007-2009 para 2010-2012). São eles: Hungria, Islândia, Itália, Luxemburgo e Espanha. Nesse mesmo período, Luxemburgo e Itália foram os dois países que menos conseguiram aumentar a sua produtividade (MALMQ), e a Islândia foi a única nação que teve sua produtividade diminuída. Além da diminuição nos recursos, Hungria e Islândia tiveram também uma redução em pelo

menos um de seus *outputs*.¹³ Além disso, nenhum desses cinco países conseguiu ter um aumento de produtividade superior à média do período.

De maneira geral, o Brasil parece ter se beneficiado no período analisado, colocando-se sempre à frente dos demais países em relação ao aumento de sua produtividade. Embora a causa desse crescimento tenha sido diferente em algum dos períodos, parece que o País caminha em direção a um sistema educacional mais eficiente, ao menos quando os resultados são comparados com os países dessa amostra. Ressalte-se, todavia, que essa nação foi a mais ineficiente no período de 2010-2012, conforme apresentado na seção 4.2.1.

4.3 RESULTADOS DO SEGUNDO ESTÁGIO: REGRESSÃO COM DADOS EM PAINEL

Para cumprir com o objetivo geral da pesquisa e evidenciar quais variáveis afetam a eficiência do ensino médio em uma perspectiva *cross-country*, fez-se a aplicação de uma regressão com dados em painel, tendo como variável dependente os níveis de eficiência elencados na seção 4.2.1.

De acordo com Fávero *et al.* (2014), é fundamental conhecer as intensidades das variações que podem ocorrer na variável dependente e nas variáveis explicativas (tanto das variações ao longo do tempo - variação *within* - como das variações entre indivíduos – variação *between*) antes mesmo da estimação de qualquer modelo. A variação *overall* ou geral pode ser compreendida como sendo a discrepância existente de um determinado país num instante de tempo em relação a todos os outros dados da mesma variável para a base completa. Essas variações são apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 – Descrição das variáveis e decomposição das variações *between* e *within*

	Variável	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx	Obs.
PAÍS	<i>overall</i>	22,17	12,46	1,00	43,00	N = 102
	<i>between</i>		12,56	1,00	43,00	n = 43
	<i>within</i>		0,00	22,17	22,17	T = 2,37
ANO	<i>overall</i>	2009	2,47	2006	2012	N = 102
	<i>between</i>		1,55	2009	2009	n = 43

¹³ Hungria teve uma diminuição de 2,02% no exame de PISA. Islândia teve uma redução de 3,13% no exame de PISA e 0,35% na TAXA.

Variável		Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx	Obs.
EFI	<i>within</i>		2,22	2006	2012	T = 2,37
	<i>overall</i>	0,96	0,04	0,84	1,00	N = 102
	<i>between</i>		0,04	0,84	1,00	n = 43
	<i>within</i>		0,02	0,90	1,04	T = 2,37
CORR	<i>overall</i>	64,50	20,93	25,67	96,33	N = 101
	<i>between</i>		20,42	27,88	93,55	n = 42
	<i>within</i>		2,37	54,29	74,23	T = 2,40
BACK	<i>overall</i>	-0,19	0,55	-1,80	0,78	N = 102
	<i>between</i>		0,56	-1,68	0,76	n = 43
	<i>within</i>		0,06	-0,37	0,00	T = 2,37
COMP	<i>overall</i>	0,47	0,31	0,00	1,53	N = 100
	<i>between</i>		0,24	0,06	1,02	n = 43
	<i>within</i>		0,22	-0,17	1,04	T = 2,32
PROF	<i>overall</i>	28781	14803,7	1828,8	74481,4	N = 71
	<i>between</i>		14373,3	1833,6	72943,6	n = 28
	<i>within</i>		1882,7	23449,5	33446,2	T = 2,54
RECUR	<i>overall</i>	0,03	0,57	-1,05	1,64	N = 100
	<i>between</i>		0,57	-1,05	1,64	n = 43
	<i>within</i>		0,25	-0,96	0,78	T = 2,32
CURRIC	<i>overall</i>	0,00	0,62	-1,34	1,15	N = 100
	<i>between</i>		0,62	-1,34	1,11	n = 43
	<i>within</i>		0,19	-0,41	0,60	T = 2,32
RAZA	<i>overall</i>	14,57	5,43	7,94	31,42	N = 100
	<i>between</i>		5,24	7,94	29,86	n = 43
	<i>within</i>		0,78	12,27	17,01	T = 2,32
ALUN	<i>overall</i>	0,10	0,27	-0,33	0,91	N = 102
	<i>between</i>		0,27	-0,32	0,91	n = 43
	<i>within</i>		0,12	-0,27	0,40	T = 2,37
DESEMP	<i>overall</i>	7,46	3,90	0,80	22,37	N = 102
	<i>between</i>		3,58	1,05	19,07	n = 43
	<i>within</i>		1,84	2,25	14,92	T = 2,37
LNPIBPC	<i>overall</i>	10,19	0,58	8,92	11,64	N = 102
	<i>between</i>		0,60	9,00	11,64	n = 43
	<i>within</i>		0,10	9,93	10,42	T = 2,37

Fonte: dados da pesquisa (2016).

Com as informações da Tabela 12, é possível perceber que a variável ANO possui variação *between* diferente de zero, e isso reforça que este é um painel desbalanceado. Outro detalhe é que todas as variáveis (com exceção da variável ANO) possuem uma variação *between* maior do que a variação *within*, reforçando a tese de que o modelo de

efeitos fixos não é adequado para a regressão de dados em painel na presente pesquisa. O número de observações (N) para cada variável varia entre 71 e 102 observações.

Apesar de compreender a importância da variável PROF na explicação da eficiência dos sistemas de ensino, como já demonstrado por uma série de estudos (GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007, ALEXANDER; HAUG; JAFORULLAH, 2010, AGASISTI, 2014), ela foi excluída das análises, pois diversos *missing values* dessa variável poderiam tornar os resultados inconsistentes.

Além disso, as correlações das variáveis foram analisadas com o objetivo de detectar algum problema de multicolinearidade. Essas informações podem ser visualizadas no Apêndice F, por meio de uma matriz de correlação. Apesar de algumas apresentarem uma alta correlação, o teste VIF (*Variance Inflation Factor*) não detectou problemas de multicolinearidade entre as variáveis independentes. Além disso, diversos modelos alternativos foram rodados com o objetivo de identificar mudanças nos sinais dos coeficientes. Em nenhuma das especificações houve alteração de sinal da variável LNPIBC. Levando em consideração o que a literatura diz sobre o tema, por compreender a importância dessas variáveis para a explicação da eficiência dos sistemas de ensino e diante das informações expostas, todas as demais variáveis compuseram o modelo de regressão nesse segundo estágio.

Com o objetivo de conhecer os melhores estimadores para o modelo de regressão de dados em painel, foram utilizados os testes F de Chow, LM de Breush-Pagan e o Teste de Hausman, que apontaram a estimação por efeitos aleatórios como o melhor estimador, tanto para a especificação do modelo com a variável PROF como para o modelo sem essa variável.

Dessa maneira, os dados obtidos por meio do modelo de regressão com dados em painel desbalanceado e com estimação de efeitos aleatórios pode ser visualizado na Tabela 13. A variável dependente do modelo foi a eficiência (EFI) calculada por meio do DEA (VRS).

Tabela 13 – Modelo com estimação por efeitos aleatórios

Dependente: EFI	Coefficiente	Erro Padrão	z	Significância (<i>p-value</i>)
CORR	0,0008*	0,0005	1,6600	0,0980
BACK	0,0317*	0,0166	1,9000	0,0570
COMP	0,0117	0,0116	1,0100	0,3140
RECUR	-0,0143*	0,0080	-1,8000	0,0730
CURRIC	0,0362***	0,0083	4,3600	0,0000
RAZAP	-0,0009	0,0013	-0,6900	0,4920
ALUN	-0,0069	0,0155	-0,4400	0,6580
DESEMP	0,0017	0,0010	1,5800	0,1140
LNPIBPC	-0,0743***	0,0178	-4,1700	0,0000
CONSTANTE	1,6623***	0,1718	9,6700	0,0000
Observações:	99			
Wald chi2 (9)	43,19*** (0,0000)			
R ² <i>within</i>	0,3269			
R ² <i>between</i>	0,3650			
R ² <i>overall</i>	0,3193			
Jarque Bera	2,328 (0,31227)			

*, **, *** correspondem a 10%, 5% e 1% de nível de significância. *P-values* em colchetes.

Fonte: dados da pesquisa (2016).

O R² *overall* indica que 31,93% das variações ocorridas nos níveis de eficiência podem ser explicadas pelo modelo proposto, que foi significativo ao nível de 1%, o que indica que pelo menos uma variável é significativa para explicar as variações ocorridas. Os testes de Jarque-Bera indicaram a normalidade dos resíduos desse modelo. Um outro importante detalhe é que esse modelo foi rodado com 99 observações, e os países que fizeram parte da regressão para cada período podem ser visualizados no Apêndice H. Acredita-se que o R² apresentou um valor aceitável, e ele é condizente com outros estudos sobre o assunto, como, por exemplo, Agasisti (2014), que por meio de seu modelo conseguiu explicar 32% das variações ocorridas na eficiência.

Conforme pode ser observado, as duas variáveis significativas ao nível de 1% são o logaritmo natural do PIB *per capita* e a autonomia curricular.

Entretanto, o sinal negativo da variável LNPIBPC pode trazer questionamentos sobre as possíveis explicações desse coeficiente, já que apresentou um sinal oposto ao esperado. Esse sinal indica que quanto menor é o PIB *per capita* (em logaritmo natural) de determinada

economia, menor é sua eficiência relativa, o que contraria grande parte dos resultados (AFONSO; AUBYN, 2006, KEPMKES; PHOL, 2010, AGASISTI, 2011) encontrados pela literatura de que quanto maior o PIB *per capita*, maior a eficiência dos sistemas. Importante delimitar que tanto Kempkes e Phol (2010) como Agasisti (2011) analisaram a eficiência do ensino superior, e esses sistemas podem ter características diferentes das escolas secundárias, já que o ensino privado tem uma maior representatividade nesse nível do que no ensino primário e secundário. Além disso, Agasisti (2011) usou variáveis de *inputs* e *outputs* bem distintas, alterando o sentido da eficiência que foi analisada na presente pesquisa. Afonso e Aubyn (2006) também não mensuraram a eficiência do gasto público, e sim a eficiência dos professores em atingir resultados no exame do PISA.

Outros trabalhos também encontraram resultados semelhantes, como o de Coco e Lagravinese (2014), que evidenciaram uma relação positiva com os ganhos relativos da população (que não foi mensurado pelo PIB *per capita*), e o de Fonchamnyo e Sama (2014), que acharam uma relação positiva entre a eficiência e o crescimento econômico (mensurado pelas mudanças ocorridas no PIB).

Entretanto, os resultados da Tabela 13 convergem com os achados de pelo menos outras duas pesquisas: Ribeiro (2008) e Agasisti (2014). Ambos os trabalhos procuraram encontrar a relação do PIB *per capita* com a eficiência do gasto público, sendo que Ribeiro (2008) mensurou esse gasto em % do PIB, e Agasisti (2014), em relação aos gastos públicos por estudante. Nesse sentido, ambos os estudos encontraram que a riqueza relativa da população tem relação inversa com a eficiência.

Segundo Agasisti (2014), existem duas possíveis justificativas para as variações encontradas na literatura. Uma delas é de que a maneira como a eficiência é mensurada pode alterar a relação dessa variável. A segunda está relacionada com o fato de que os países com a maior renda *per capita* são os que mais investem por aluno em educação, mas os resultados obtidos (PISA, por exemplo) não são proporcionais a esses investimentos. Complementando as conclusões do autor, pode-se compreender que países que apresentam um elevado PIB *per capita*, de maneira geral, já possuem um sistema educacional com mais qualidade, e assim os rendimentos desses sistemas evoluem de maneira decrescente, o que acaba por tornar esses países ineficientes. Ribeiro (2008) reforça que, de maneira geral, as evidências sugerem um retorno marginal decrescente do gasto público, sendo que há espaço para sua redução sem que a qualidade

dos serviços disponibilizados seja prejudicada, ao menos em economias mais avançadas.

Desse modo, assim como a literatura que aborda a relação da riqueza das nações com a qualidade da educação (HANUSHEK; KIMKO, 2000, KRUEGER; LINDAHL, 2001, LEE; BARRO, 2001, HANUSHEK; WOESSMAN, 2010), os resultados da relação do PIB *per capita* com a eficiência ainda parecem inconclusivos. Afonso e Aubyn (2006) reforçam, todavia, que essa não é uma variável que pode ser controlada no curto prazo.

A autonomia curricular foi a segunda variável significativa ao nível de 1% diferente do PIB *per capita* e é diretamente controlável pelos gestores no curto e médio prazo. Além disso, essa variável possui relação com os aspectos de governança na escola já destacados pela literatura.

Os estudos de Fenny e Rogers e Adam, assim como de Delis e Kammas (2011) já evidenciaram que o nível de governança tem impacto positivo na eficiência dos sistemas de ensino. Fenny e Rogers (2008) inclusive destacam-na como a variável mais importante na determinação dos níveis de eficiência na aplicação de recursos públicos. Adam, Delis e Kammas (2011) também ressaltam que a qualidade da governança impacta mais a eficiência do setor público do que as características socioeconômicas da sociedade. Outros autores que encontraram relação positiva entre governança e eficiência foram Rayp e Sijpe (2007), Hauner (2008) e Berker (2008).

Ainda assim, no que tange aos estudos *cross-country* que utilizaram o DEA e realizaram um segundo estágio, poucos deles procuraram encontrar a relação entre eficiência e autonomia escolar. Na presente pesquisa, os resultados apontam que quanto maior autonomia na elaboração de seus currículos, mais eficientes serão os sistemas de ensino. Com isso, acredita-se que essa seja uma importante variável na explicação da eficiência desses sistemas, já que ela pode ser diretamente modificada por meio de políticas públicas e mudanças gerenciais no ensino médio.

Por outro lado, a autonomia na aplicação dos recursos foi significativa ao nível de 10% e apareceu com um sinal, *a priori*, oposto ao esperado, indicando que quanto menor for a autonomia financeira dos sistemas de ensino, mais eficiente eles serão, ao menos em uma perspectiva *cross-country*. O resultado de Diniz (2012) vai de encontro a esse achado: quanto mais descentralizado o sistema, quanto mais flexibilidade orçamentária, mais eficientes eles serão. É claro que esse estudo diz respeito exclusivamente à realidade brasileira. Diniz (2012, p. 149) conclui que

(...) a estrutura de transferências condicionais definidas para a educação apresenta uma relação negativa quanto à eficiência dos gastos. Nessa estrutura, o fator relevante foi a criação de regras para a aplicação dos recursos. Tais normas limitam o grau de liberdade do gestor local para decidir acerca da alocação de recursos nas atividades que realmente são relevantes para o desempenho da educação local. Dessa forma, percebeu-se que a institucionalização de vinculações específicas causou ineficiência resultante da perda de autonomia local.

Mancebón *et al.* (2012), que também analisaram o sistema de um único país (Espanha), não encontraram relação entre a eficiência e a autonomia financeira das escolas. Dado que poucos estudos procuraram compreender essa relação em uma perspectiva *cross-country*, o resultado encontrado dessa variável pode ser importante para compreender a eficiência dos sistemas de ensino médio, mas somente com uma maior quantidade de estudos abordando-a é que se poderá chegar a resultados mais conclusivos.

A regressão trouxe outras informações interessantes sobre um resultado já destacado pela literatura (SILVA-PORTELA; THANASSOULIS, 2001, BRUNELLO; CHECCHI, 2005, AFONSO; AUBYN, 2006, GIMÉNEZ; PRIOR; THIEME, 2007, ALEXANDER; HAUG; JAFORULLAH, 2010, DINIZ, 2010, COCO; LAGRAVINESE, 2014) de que o *background* familiar interfere na eficiência dos sistemas educacionais. Na presente pesquisa, essa variável foi significativa ao nível de 10%.

Esses resultados já foram evidenciados na Nova Zelândia, com Alexander, Haug e Jaforullah (2010), e no Brasil, com Diniz (2012). Alguns autores utilizaram variáveis que estão relacionadas ao *background*, como o trabalho de Coco e Lagravinese (2014), que encontrou relação significativa entre a escolaridade dos pais, a renda relativa e as famílias formadas por imigrantes com a eficiência dos sistemas educacionais. De acordo com os autores, crianças com melhores *backgrounds* socioeconômicos tornam os sistemas mais eficientes. Shutz, Usprung e Woessmann (2008) encontraram relação com a renda relativa da população, que foi compreendida como uma variável de *background* familiar.

Afonso e Aubyn (2006), que também encontraram relação entre a eficiência e o *background*, reforçam que essas variáveis (especificamente a escolaridade dos pais), em princípio, não estão no controle dos governos no curto e médio prazo, mas são importantes para explicar os níveis de eficiência dos sistemas de ensino. Dessa forma, políticas públicas devem ser direcionadas não somente às escolas, mas também à comunidade de maneira geral, procurando melhorar as condições das famílias com mais baixa renda.

A última variável significativa (10%) aparece com frequência em estudos acadêmicos (COCO; LAGRAVINESE, 2014, FONCHAMNYO; SAMA, 2014) como importante para a explicação da eficiência dos sistemas de ensino: a corrupção. Ainda que Coco e Lagravinese (2014) tenham utilizado o indicador da CGI para medi-la, a CPI e a CGI procuram mensurar os índices de corrupção das sociedades, porém são formuladas por meio de distintas metodologias.

Os resultados da presente pesquisa demonstram que quanto maior for o CPI, mais eficientes serão as nações. Relembra-se que países que obtêm um melhor resultado nesse índice, possuem menores taxas de corrupção.

Outros estudos que já evidenciaram essa influência foram os de Bjorkman (2006), Gupta *et al.* (2002), Reinikka e Svensson (2005) e Suryadarma (2012), sendo que esses estudos tiveram como foco os países em desenvolvimento. Para tornar a sociedade livre de corrupção, Fonchamnyo e Sama (2014) sugerem que a população lute pelo aumento da transparência e da *accountability* no setor público, já que essas características podem ajudar a controlar os problemas de corrupção.

Ainda em referência ao modelo, quatro variáveis não apresentaram significância: desemprego, quantidade de computadores por aluno, razão aluno/professor e qualidade do aluno.

O desemprego é uma variável que também não apresentou relação com a eficiência em outros estudos (COCO; LAGRAVINESE, 2014, AGASISTI, 2014). A princípio, esperava-se que quanto maior fosse o índice de desemprego, menor seria a eficiência dos países. Entretanto, somando-se com os resultados de outros trabalhos, essa parece ser uma variável que não interfere na eficiência do ensino médio.

Importante ressaltar que mesmo não significante, a crise econômica elevou a taxa de desemprego em diversos países. Aliada a outros fatores econômicos, essa crise obrigou muitos deles (principalmente da Europa) a adotarem diversas medidas de austeridade e diminuir significativamente os gastos públicos em algumas regiões.

Nesse sentido, é possível que essa variável tenha alguma relação, ainda que não causal, com outros serviços públicos, que não o da educação.

Outra variável que não tem influência sobre a eficiência é a quantidade de computadores por aluno nas escolas. Uma das possíveis justificativas para isso é que nos dias atuais a grande maioria das escolas já possuem computadores, especialmente nas economias mais desenvolvidas. Como na amostra nenhum país vive em extrema pobreza, talvez esse já não seja um fator importante para explicar a eficiência desses sistemas. Por outro lado, Agasisti (2014) já encontrou que a internet tem um impacto positivo na eficiência dos sistemas educacionais, indicando que outros aspectos relacionados à tecnologia poderiam ser significativos na explicação da eficiência. Reforça-se ainda que a edição de PISA realizada no ano 2015 foi a primeira aplicada integralmente por meio de computadores. Como essa edição não fez parte da presente pesquisa, pois seus dados ainda não estavam disponíveis, não é possível afirmar se essa variável teria significância caso a prova desse ano fosse levada em consideração.

O tamanho da sala de aula (representada pela razão aluno/professor) também não foi significante no modelo. Comumente utilizada como um *input* educacional (CUELLAR, 2014, AGASISTI, 2014, ARISTOVNIK; OBADIC, 2014), ela foi utilizada como uma variável independente com objetivo de conhecer se o tamanho da sala de aula interfere na eficiência da educação.

Entretanto, entre os estudos (ALEXANDER; HAUG; JAFORULLAH, 2010, MANCEBÓN *et al.*, 2012, COCO; LAGRAVINESE, 2014) que já a utilizaram como uma variável independente, Coco e Lagravinese (2014) também não conseguiram encontrar relação entre essas duas variáveis. Por outro lado, o trabalho de Alexander, Haug e Jaforullah (2010) encontrou relação entre essas variáveis.

A última variável que não teve significância com a eficiência foi a qualidade do aluno. Ainda que muitos estudos estejam ressaltando a importância dessa variável no desempenho acadêmico (COLEMAN *et al.*, 1996), ela não apresentou significância com a eficiência dos sistemas de ensino. No entanto, os resultados de Diniz (2012) apresentaram o contrário: a qualidade do ensino afetou a eficiência do ensino fundamental que, de acordo com o autor, é diretamente atingida, pois alunos mais comprometidos acabam gerando melhores resultados educacionais, sem que exista uma real necessidade de aumento dos recursos. Giménez, Prior

e Thieme (2007) também encontraram que atitudes positivas em relação ao estudo melhoram a eficiência dos sistemas de ensino.

Como essa é geralmente uma variável importante para explicar o desempenho dos alunos, conforme já apresentado por uma série de estudos, uma das possíveis causas para sua não significância nesse modelo é a forma como ela é mensurada, que leva em consideração apenas as percepções dos próprios estudantes quanto as suas atitudes em relação às disciplinas (Matemática, Ciências ou Leitura).

Ainda que não tenha feito parte do modelo por ausência de dados, muitos autores já ressaltaram a importância de algumas características dos professores na eficiência, como o trabalho de Diniz (2012), que encontrou que os salários afetam negativamente a eficiência (quanto maior o salário, menor a eficiência). Por outro lado, Agasisti (2014) encontrou que essa variável afeta positivamente a eficiência, deduzindo que melhores salários geram melhores resultados gerenciais para o sistema.

Como a maioria das variáveis que foram significativas são macroeconômicas (PIB *per capita*, corrupção e *background* estudantil), tem-se certa dificuldade gerencial em melhorá-las no curto e médio prazo. Com isso, os sistemas de ensino deveriam focar em aprimorar suas práticas de governança, especialmente tornando a organização curricular das escolas mais flexível e permitindo que estas se adaptem às necessidades específicas de cada região. Além disso, uma outra variável que está no controle dos governantes é a autonomia de recursos financeiros, entretanto o coeficiente dessa variável apresentou um sinal oposto ao esperado.

Dessa forma, alguns autores defendem diversas atitudes para superar os problemas de eficiência encontrados pelos sistemas de ensino: mais transparência, mais *accountability* (COCO; LAGRAVINESE, 2014, FONCHAMNYO; SAMA, 2014) e políticas públicas direcionadas aos estudantes com desvantagens socioeconômicas (COCO; LAGRAVINESE, 2014). Coco e Lagravinese (2014) comentam que ao analisar as evidências como um todo, os resultados demonstram que a eficiência do sistema educacional depende mais de fatores externos e estruturais da sociedade do que do próprio sistema. Por fim, o autor ainda reforça que os países em desenvolvimento são os mais afetados por essas características.

Não é lógico para um país reduzir seu PIB *per capita* com o objetivo de aumentar a eficiência. No entanto, esse resultado deve servir de alerta para os países que já possuem um PIB *per capita* elevado ou para aqueles que estão expandindo suas economias: as evidências indicam que a educação opera com rendimentos decrescentes, e se medidas

corretivas não forem aplicadas, alguns países que hoje mostram-se eficientes e estão expandindo sua economia provavelmente tornar-se-ão ineficientes no futuro.

Por fim, o Quadro 10 apresenta um resumo dos achados nessa segunda etapa da pesquisa, apresentando os sinais esperados e encontrados das variáveis significativas, bem como os valores de cada variável para o Brasil.

Quadro 10 – Resumo dos resultados encontrados no segundo estágio

Variável	Nível de significância	Sinal esperado	Sinal encontrado	Média do Brasil	Média Geral
CURRIC	1%	+	+	-0,21	0,00
LNPIBPC	1%	+	-	9,45	10,19
CORR	10%	+	+	37,08	64,50
BACK	10%	+	+	-1,15	-0,19
RECUR	10%	+	-	-0,43	0,03

Fonte: elaborado pelo autor (2016).

Assim, percebe-se que o sinal de duas variáveis não está, *a priori*, de acordo com o esperado. Entretanto, não é possível afirmar que esses resultados indicam inconsistência, visto que muito do que se discute sobre a teoria econômica da educação ainda carece de inferências mais conclusivas.

4.4 LIÇÕES PARA O BRASIL

O último tópico sobre os resultados da pesquisa procurou apontar algumas considerações acerca dos impactos desses achados sobre o sistema de ensino brasileiro.

O Brasil incluiu a eficiência na Constituição Federal no ano de 1998 como um dos princípios básicos da Administração Pública. Entretanto, os resultados sugerem que o País se encontra numa situação desfavorável quando comparado com outras economias. Ainda que os resultados do Malmquist Index apresentem uma melhora na gerência do sistema educacional, não é razoável dizer que o Brasil está se tornando eficiente, visto que ficou entre os países mais ineficientes em diferentes períodos analisados, e especialmente no período mais recente.

É preciso entender por que os recursos aplicados não estão gerando *outputs* de maneira proporcional a esses investimentos. Para isso, os resultados obtidos no segundo estágio da pesquisa podem ser úteis. Por

exemplo, a eficiência do Brasil pode estar sendo penalizada pela grande quantidade de crianças com *background* socioeconômico desfavorável frente a outras economias. Desse modo, é importante que as famílias dessas crianças também sejam amparadas para que seja possível melhorar seu *background*. Nesse sentido, programas sociais como o Bolsa Família podem de fato ser importantes para economias em desenvolvimento, já que esses fatores estão conectados com o bom desempenho da educação.

Para compreender melhor como o Brasil se posiciona em cada uma das variáveis que foram significantes no modelo de regressão de dados em painel, a posição que o País ocupa em cada uma das variáveis é apresentada na Tabela 14.

Tabela 14 - Posição do Brasil em algumas variáveis (2010-2012)

	EFI	GPE	PISA	TAXA	CURRIC	LNPIBC	CORR	BACK	RECUR
2010 -2012	38°	30°	35°	34°	28°	32°	30°	34°	28°

Fonte: elaborado pelo autor (2016).

Levando em consideração que o número máximo de países que tinham dados disponíveis para cada variável é de 38 observações, fica evidente que o Brasil ocupa uma das últimas posições em cada uma delas, inclusive na quantidade de recursos destinados à educação (GPE), em que o País ocupa a 30ª posição no período de 2010-2012 (entre 38 países). Percebe-se também que o *background* econômico é uma das piores características do Brasil, que fica atrás de países como Malásia, Costa Rica e México.

Nos últimos anos, a prioridade do governo parece ter sido uma forte ampliação dos recursos destinados à educação (o Brasil é o país que mais expandiu seus gastos durante o período analisado na presente pesquisa) e a busca em aumentar a taxa de atendimento nas escolas. Entretanto, até o presente momento e como demonstram os achados da presente pesquisa, esses recursos não estão retornando serviços de maneira proporcional aos investimentos. Assim, a discussão sobre o gerenciamento do ensino não pode restringir-se apenas acerca da ampliação ou não dos recursos públicos investidos, e sim aprofundar o debate sobre outras possíveis medidas a serem tomadas para melhorar o sistema educacional, como, por exemplo, permitir uma maior autonomia escolar no Brasil.

Cuellar (2014) comenta que o Chile e Uruguai implementaram políticas de universalização do ensino primário e da obrigatoriedade do ensino secundário há muitas décadas, o que permitiu que hoje esses países consigam priorizar a qualidade de seus ensinos. O processo do Chile para obter os maiores níveis de taxas de atendimento liquidas no ensino secundário, alcançar elevado nível de qualidade e tornar-se um dos países mais eficientes da região é suportado por diversas reformas no ensino ocorridas desde 1980. Para efeito de comparação, o CPI do Chile é de 72,05, sua autonomia curricular é de 0,57 e seu *background* é de -0,58, consideravelmente superiores aos do Brasil.

Outra variável que chama a atenção é a autonomia que as escolas possuem para organizar seus currículos escolares e suas disciplinas. Atualmente, o currículo brasileiro possui pouca flexibilidade, e isso não leva em conta diversos fatores regionais existentes, especialmente em um país com a extensão do Brasil e com uma cultura tão diversificada.

Dentre os países eficientes no período 2010-2012 que possuem as maiores autonomias curriculares estão Japão (1,15), Hong Kong (0,96), Indonésia (0,65) e Polônia (0,36). Dado as características emergentes desses dois últimos países, entender como eles estão gerenciando seus sistemas de ensino pode trazer informações valiosas na busca de mais eficiência. Nesse sentido, Diniz (2012) comenta que as discussões sobre o ensino brasileiro ainda continuam muito centralizadas no nível federal, e quem tem maior entendimento sobre as necessidades locais são os próprios governos subnacionais.

Em resumo, com os resultados da pesquisa, percebe-se que o Brasil tem três desafios pela frente:

- a) aumentar a eficiência na aplicação de seus recursos;
- b) continuar a expansão do investimento na área da educação;
- c) ampliar as taxas de atendimento do ensino secundário; e
- d) melhorar a qualidade de seu ensino.

Uma maior eficiência do ensino pode ser alcançada melhorando os problemas de corrupção, elevando o *background* estudantil e aumentando a autonomia curricular das escolas. Tornando o sistema mais eficiente, acredita-se que o Brasil conseguirá alcançar melhores resultados no exame de PISA, ampliar as atuais taxas de atendimento e, consequentemente, desenvolver-se economicamente.

Ressalta-se aqui que dado as limitações da metodologia, a presente pesquisa não é capaz de responder o que o Brasil está fazendo de errado, mas seus resultados sugerem caminhos e exemplos que poderiam ser seguidos em busca de uma educação de qualidade e que atenda a um

maior número de crianças possível por meio da aplicação eficiente de seus recursos públicos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve por objetivo geral determinar quais variáveis independentes afetam a eficiência dos gastos públicos com o ensino médio em uma perspectiva *cross-country*. Para isso, fez-se necessário calcular os índices de eficiência de cada um dos países que realizaram o exame de PISA por meio de uma técnica bastante utilizada em estudos internacionais sobre gestão pública: a Análise Envoltória de Dados (DEA). A eficiência calculada refere-se à transformação dos gastos públicos em resultados no exame de PISA (qualidade do ensino) e na taxa de atendimento líquida (quantidade de adolescentes sendo atendidos). O universo da pesquisa foi primeiramente composto por 65 países que realizaram o exame no ano de 2012. Por carência de dados, somente 38 países tiveram seus índices de eficiência calculados para o período mais recente da análise (2010-2012).

Para alcançar o primeiro objetivo específico, diversos estudos internacionais e nacionais sobre o tema foram abordados, com o intuito de elencar as variáveis que poderiam compor a função de produção educacional (*inputs* e *outputs* do modelo DEA) e identificar quais variáveis poderiam interferir na eficiência dos sistemas de ensino. Apesar de diversos estudos nacionais e internacionais terem feito parte do referencial teórico, o foco principal foi nos estudos que realizaram análises semelhantes em uma perspectiva *cross-country*.

Quanto ao segundo objetivo específico, percebeu-se que os principais modelos de DEA ainda utilizados pela literatura são os clássicos (CRS e VRS) de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e Banker, Charnes e Cooper (1984). Desses dois modelos, priorizou-se a utilização do VRS, já que a educação opera com retornos variáveis de escala. Para levar em consideração as mudanças de eficiência ao longo dos períodos, evidenciou-se que o procedimento de Malmquist Index adaptado ao DEA, proposto por Färe *et al.* (1994), era o mais adequado para essa análise.

O terceiro objetivo específico permitiu criar um *ranking* de eficiência, demonstrando que, em praticamente todos os períodos analisados, o Brasil ficou entre os países mais ineficientes. De fato, foi o mais ineficiente no período de 2010-2012, ficando atrás de países como Malásia, Colômbia, Costa Rica e México. Nesse sentido, percebe-se que os cinco países menos eficientes desse período foram emergentes e, com exceção da Malásia, todos pertencem à América Latina. Apesar disso, por meio da análise do Malmquist Index, foi possível perceber que o Brasil foi o país que mais melhorou a sua produtividade total no período

analisado, muito embora grande parte desse aumento de produtividade tenha sido influenciado por inovações tecnológicas que ocorreram no período.

O último objetivo específico diz respeito à evidenciação das variáveis que influenciam a eficiência do ensino médio. Para conseguir atingir esse objetivo e consequentemente o objetivo geral da pesquisa, foi realizado um segundo estágio por meio de uma regressão com dados em painel, tendo como variável dependente os índices de eficiência encontrados no primeiro estágio, a fim de evidenciar quais variáveis afetam a eficiência dos sistemas educacionais. Essas variáveis buscaram representar diversas características que *a priori* poderiam afetar a eficiência desses sistemas, como a governança das escolas, a qualidade dos professores, a qualidade dos alunos, a renda da população, o *background* familiar do estudante etc.

Diversas delas mostraram-se significantes por meio dessa regressão. Dentre essas variáveis, destacam-se a autonomia curricular da escola e o logaritmo natural do PIB *per capita*, que se mostraram significantes ao nível de 1%. Além disso, as outras variáveis significantes foram o *background* socioeconômico dos estudantes, o nível de corrupção e a autonomia de recursos que a escola possui. Entretanto, os sinais esperados para a variável LNPIBPC e RECUR foram opostos ao esperado (ambas apresentaram relação negativa com a eficiência). Por outro lado, a remuneração dos professores não foi utilizada na regressão pois essa variável possuía muitos valores ausentes.

De maneira geral, essa pesquisa permite demonstrar que o Brasil é um dos países mais ineficientes na alocação de seus recursos no ensino médio. Mesmo gastando recursos superiores à média dos países emergentes, o País obteve *outputs* inferiores a essas nações. Quando todos os países são levados em consideração, todavia, percebe-se que o Brasil gasta consideravelmente menos do que as economias desenvolvidas, mas é igualmente ineficiente. Um outro ponto importante a ser destacado é que o Brasil foi o país que mais expandiu seus recursos no período, e isso pode ter colaborado com sua ineficiência, já que os investimentos na educação levam algum tempo para serem transformados em resultados educacionais.

Além do Brasil, diversas nações emergentes encontram-se em situação semelhante: gastam pouco e gerenciam mal seus recursos. Entretanto, há aqueles que mesmo com um baixo investimento conseguiram bons resultados no exame de PISA e/ou nas taxas de atendimento, como, por exemplo, a Polônia e a Sérvia, que foram eficientes no período de 2010-2012. Esses países poderiam servir de

referência para o Brasil entender como seus gestores estão organizando os sistemas de ensino.

Beneficiam-se dos resultados encontrados nessa pesquisa, além dos gestores, parcela da população brasileira que tem interesse e disponibilidade em fiscalizar a gestão pública, já que esses achados podem ser compreendidos como indicadores de qualidade do gasto público, sendo ainda comparáveis com os resultados encontrados em outras economias emergentes e desenvolvidas. Além disso, considera-se o tema atual e pertinente à realidade nacional e internacional, dado a restrição orçamentária que o Brasil enfrentará no curto prazo e as medidas de austeridade que estão em voga em diversos países ao redor do mundo. Espera-se que, com esses resultados, a população seja capaz de pressionar a gestão pública com o objetivo de torná-la mais adequada e eficiente.

Ainda que a eficiência do sistema educacional seja um tema que se encontra em debate entre os acadêmicos, estudos em uma perspectiva *cross-country* e que permitam comparar o desempenho do sistema brasileiro com outros países ainda são escassos, especialmente em literatura nacional. Com isso, esse estudo soma-se à literatura que já abordou o tema, identificando variáveis importantes na explicação da eficiência do sistema de ensino, especialmente àquelas relacionadas a características de governança na escola.

De todos os resultados encontrados no segundo estágio dessa pesquisa, grande parte deles estão além do controle do gestor público, ao menos no curto e no médio prazo. Entretanto, duas variáveis estão no controle direto desses gestores, que são a autonomia curricular e a autonomia financeira. Com isso, sugere-se que os administradores públicos do sistema educacional analisem se essas seriam características plausíveis de serem alteradas no curto prazo, tanto para a realidade brasileira como para a realidade das demais economias que se mostraram ineficientes. Entretanto, dado que o sinal da autonomia financeira foi oposto ao esperado, e essa variável foi significativa somente a 10%, sugere-se que o foco principal desses gestores deva ser a autonomia curricular e que seja dada maior flexibilidade aos sistemas de ensino.

Além disso, como algumas variáveis que comumente ganham mais destaque na mídia e nos círculos acadêmicos (o tamanho da sala de aula, por exemplo) não foram significantes no modelo, talvez outras características, como o *background* estudantil dos adolescentes, mereçam mais atenção caso o objetivo do sistema seja melhorar o desempenho escolar. Uma maior interação entre a escola e a comunidade e políticas públicas que incentivem a doação de livros aos adolescentes (e não

somente às escolas) são algumas das mudanças políticas e culturais que poderiam ser mais eficazes do que diminuir o tamanho das salas de aula, ao menos para o ensino médio.

No que diz respeito à Contabilidade, pode-se afirmar que a eficiência é ainda um assunto pouco explorado na literatura, e por isso os resultados da pesquisa ajudam a fortalecer o tema dentro dessa área de estudo. Como o papel do contador vem mudando muito nos últimos anos, não é plausível acreditar que essa profissão possa ser também encarregada de lidar com temas que envolvam uma multidisciplinaridade de áreas de concentração, como a administração, a economia, a engenharia e a contabilidade? Além disso, visto que o indicador de eficiência é relativamente fácil de ser compreendido, acredita-se que os resultados colaborem com temas como a *accountability* e a transparência na gestão pública.

Por fim, ressalta-se que os resultados e as conclusões da presente pesquisa devem ser interpretados com cautela, dado as características da metodologia utilizada e da amostra analisada. Quando sistemas educacionais de países são analisados como um todo, muitas características sociais e culturais não são levadas em consideração e consequentemente podem trazer distorções nos resultados. Entretanto, dado que o DEA é uma ferramenta amplamente utilizada em distintos setores da economia, inclusive em estudos *cross-country*, acredita-se que os resultados tenham contribuído para uma melhor compreensão de como alguns fatores internos e externos ao sistema de ensino podem afetar seus níveis de eficiência.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A pesquisa abre uma série de oportunidades para estudos futuros, complementando ou aprofundando os resultados obtidos.

Uma análise qualitativa sobre o sistema de ensino dos pares eficientes e que foram *benchmarks* para o Brasil poderia trazer informações interessantes sobre como esses países estão alocando e gerenciando seus recursos. Além disso, Polônia e Sérvia são dois países que investem valores próximos ao Brasil, mas que obtiveram resultados bem superiores ao País. Entender o que esses sistemas estão fazendo pode ser útil para tornar os gastos brasileiros eficientes.

Além disso, é possível a inclusão de novas variáveis no segundo estágio, como: a falta de meritocracia dentro dos sistemas de ensino (BOWLES; GINTIS, 2002); a quantidade de livros que os adolescentes possuem em casa; a dívida interna e externa dos países; o tempo que os

adolescentes passam em sala de aula etc. Sugere-se também o uso de outras técnicas paramétricas (SFA) e não-paramétricas (FDH) para mensurar a eficiência, a exemplo do trabalho de Borger e Kertens (1996), ou ainda a utilização de uma técnica proposta por Simar e Wilson (2007) bastante utilizada em estudos recentes.

Um outro ponto que poderia ser analisado por meio das notas do exame de PISA é a equidade do ensino, já que a OECD disponibiliza as dispersões das notas entre os países – *i.e.*, a variabilidade das notas de cada país. Agasisti (2014) comenta sobre o assunto em seu trabalho, apesar de não o abordar de maneira aprofundada. Ferreira e Gignoux (2014), por exemplo, já utilizaram tal variável para o devido fim. Além disso, os microdados do exame de PISA contêm muitas informações que poderiam ser utilizados em futuras pesquisas.

Por fim, o exame de PISA é discriminado por estado brasileiro e por esfera administrativa (privada, pública e federal). No Brasil, as maiores pontuações hoje são das escolas federais. Um estudo analisando cada estado ou essas esferas poderia ser realizado utilizando essa variável em futuros trabalhos. O artigo de Sibiano e Agasisti (2013) é um exemplo dessa aplicação em regiões da Itália.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, M.; DOUCOULIAGOS, C. The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis. **Economics of Education Review**, v. 22, p. 89-97, 2003.

ADAM A.; DELIS; M.; KAMMAS, P. Public sector efficiency: levelling the playing field between OECD countries. **Public Choice**, v. 146, n. 1, p. 163, 2011.

AFONSO, A.; AUBYN, M. St. Non-parametric approaches to education and health efficiency in OECD countries. **Journal of Applied Economics**, v. 8, p. 227-246, 2005.

AFONSO, A.; AUBYN, M. St. Cross-country efficiency of secondary education provision: a semi-parametric analysis with non-discretionary inputs. **Economic Modelling**, v. 23, p. 476-491, 2006.

AFONSO, A.; SCHUKNECHT, L.; TANZI, V. Public sector efficiency: An international comparison. **Public Choice**, v. 123, n. 4, p. 312-347, 2005.

AFONSO, A.; SCHUKNECHT, L.; TANZI, V. Public sector efficiency: evidence for new EU member states and emerging markets. **Applied Economics**, v. 42, n. 17, p. 2147-2164, 2010.

AGASISTI, T. Performances and spending efficiency in higher education: an European comparison through non-parametric approaches. **Education Economics**, v. 19, n. 2, p. 199-224, 2011.

AGASISTI, T. The efficiency of public spending on Education: an empirical comparison of EU countries. **European Journal of Education**, v. 49, n. 4, 2014.

AGASISTI, T.; DAL BIANCO, A. Data envelopment analysis to the Italian university system: Theoretical issues and policy implications. **International Journal of Business Performance Management**, v. 8, n. 4, p. 344-67, 2006.

AGASISTI, T.; SALERNO, C. Assessing the cost efficiency of Italian universities. **Education Economics**, v. 15, n. 4, p. 455–71, 2007.

AGASISTI, T.; JOHNES, G. Beyond frontiers: comparing the efficiency of higher education decision-making units across more than one country. **Education Economics**, v. 17, n. 1, p. 59–79, 2009.

ALEXANDER, W. R. J.; HAUG, A. A.; JAFORULLAH, M. A two-stage double-bootstrap data envelopment analysis of efficiency differences of New Zealand secondary schools. **Journal of Productivity Analysis**, v. 34, n. 2, p. 99–110, 2010.

ALLMENDINGER, J.; LEIBFRIED, S. Education and the welfare state: the four worlds of competence production. **Journal of European Social Policy**, v. 13, p. 63–81, 2003.

ANDERSON, R.; KLAASSEN, H.; NISPEL, F. The quest for efficiency in the public sector towards a refined action model. **Public Administration Department**, Working Paper, Erasmus Rotterdam University, Netherlands, 2009.

ANGELOPOULOS, K.; PHILIPPOPOULOS, A.; TSIONAS, E. Does public sector efficiency matter? revisiting the relation between fiscal size and economic growth in a world sample. **Public Choice**, v. 137, n. 1, p. 245–278, 2008.

AUBYN, M. St. Evaluating efficiency in the Portuguese education sector. **Economia**, v. 26, p. 25–51, 2003.

ARISTOVNIK, A. The relative efficiency of education and R&D expenditures in the New EU Member States. **Journal of Business Economics and Management**, v. 13, n. 5, p. 832–848, 2012.

ARISTOVNIK, A. The impact of ICT on educational performance and its efficiency in selected EU and OECD countries: a non-parametric analysis. **The Turkish Online Journal of Educational Technology**, v. 11, n. 3, 2012b.

ARISTOVNIK, A.; OBADIC, A. Measuring relative efficiency of secondary education in selected EU and OECD countries: the case of

Slovenia and Croatia. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 20, n. 3, p. 419-433, 2014.

ATHANASSOPOULOS, A. D.; SHALE, E. Assessing the comparative efficiency of higher education institutions in the UK by means of data envelopment analysis. **Education Economics**, v. 5, n. 2, p. 117–34, 1997.

BALDACCI, E.; GUIN-SIU, M. T.; MELLO, L. More on the effectiveness of public spending on health care and education: a covariance structure model. **Journal of International Development**, v. 15, p. 709-725, 2003.

BANCO MUNDIAL. **Data World Bank** – Indicators, 2016. Disponível em
<<http://data.worldbank.org/indicator/SE.XPD.TOTL.GB.ZS/countries?display=default>> Acesso em 02 jul. 2016.

BANCO MUNDIAL. **World Development Indicators**, 2016b . Disponível em
<<http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&country=&series=SE.PRM.NENR&period=#>> Acesso em 15 jul. 2016.

BANKER, R.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, p. 1078-1092, 1984.

BARRO, R. Human capital and growth. **American Economic Review**, v. 91, p. 12-17, 2001.

BERKER, D. Public sector efficiency and interjurisdictional competition – an empirical investigation. **Thünen-series of applied economic theory**, working paper No. 101. Universität Rostock, Rostock, 2008.

BIRDSALL, N. Public spending on higher education in developing countries: too much or too little? **Economics of Education Review**, v. 15, n. 4, p. 407–419, 1996.

BJORKMAN, M. Does money matter for student performance? Evidence from a grant program in Uganda. **IGIER Working Paper** n. 326, 2006.

BORGER, B. D.; KERTENS, K. Cost efficiency of Belgian local governments: a comparative analysis of FDH, DEA, and econometric approaches. **Regional Science Urban Economics**, v. 26, n. 2, p. 145-170, 1996.

BOSE, N.; HAQUE, M. E.; OSBORN, D. Public expenditure and economic growth: a disaggregated analysis for developing countries. **The Manchester School**, v. 75, n. 5, p. 533-556, 2007.

BOWLES, S.; GINTIS, H. The inheritance of inequality. **Journal of Economics Perspectives**, v. 16, 3-30, 2002.

BRASIL. **Saiba como é a divisão do sistema de educação brasileiro**, 2016. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/educacao/2014/05/saiba-como-e-a-divisao-do-sistema-de-educacao-brasileiro>> Acesso em 02 jul. 2016.

BRUNELLO, G.; CHECCHI, D. School quality and family background in Italy. **Economics of Education Review**, v. 24, p. 563-577, 2005.

CAIXA. **Bolsa Família**, 2016. Disponível em <<http://www.caixa.gov.br/programas-sociais/bolsa-familia/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 20 set. 2016.

CARRINGTON, R.; COELLI, T.; RAO, P. The performance of Australian universities: conceptual issues and preliminary results. **Economic Papers: a journal of applied Economics and Policy**, v. 24, n. 2, p. 145-163, 2005.

CASTANO, M. C.; CABANDA, E. Sources of efficiency and productivity growth in the Philippine state Universities and Colleges: a non-parametric approach. **International Business & Economics Research**, v. 6, n. 6, p. 79-90, 2007.

CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. Multilateral comparisons of output, input and productivity using superlative index numbers. **Economic Journal**, v.92, n.365, p. 73-86, 1982.

CHARNES; A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.

CHEN, J. L.; CHEN, I. S. Inno-Qual efficiency of higher education: empirical testing using data envelopment analysis, **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 3, p. 1823–1834, 2011.

CHERCHYE, L.; DE WITTE, K.; OOGHE, E.; NICAISE, I. Efficiency and equity in private and public education: nonparametric comparison, **European Journal of Operational Research**, v. 202, n. 2, p. 563–573, 2010.

CHILINGERIAN, J.A. Evaluating physician efficiency in hospitals: a multivariate analysis of best practices. **European Journal of Operational Research**, v. 80, n. 3, p. 545-574, 1995.

CIA – Central Intelligence Agency. **The World Factbook**, 2015. Disponível em: <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2186rank.html>> Acesso em: 30 set. 2016.

CIA – Central Intelligence Agency. **The World Factbook**, 2014. Disponível em: <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2079rank.html>> Acesso em: 30 set. 2016.

CLEMENTS, B. How efficient is education spending in Europe? **European Review of Economics and Finance**, v.1, p. 3-26, 2002.

COASE, R. H. The nature of the firm. **Economica**, v. 4, n. 16, p. 386-405, 1937.

COCO, G.; LAGRAVINESE, R. Cronysm and education performance. **Economic Modelling**, v. 38, p. 443-450, 2014.

COLEMAN, J. S.; CAMPBELL, E. Q.; HOBSON, C. J.; MCPARTLAND, J.; MEAD, A. M.; WEINFELD, F.D.; YORK, R. L. **Equality of Educational Opportunity**. Washington, DC: U.S. Department of Health, Education and Welfare, 1966.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data envelopment analysis**: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software. New York: Springer, 2nd ed., 2007.

CORSETTI, G.; ROUBINI, C. Policy making and speculative attacks in models of exchange rate crisis: a synthesis. **Yale Economic Growth Center**, paper 752, 1996.

CURI, A. Z.; MENEZES-FILHO, N. A. Determinantes dos gastos com educação no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 40, n. 1, p. 1-39, 2010.

CUELLAR, A. F. S. The efficiency of education expenditure in Latin America and lessons for Colombia. **Desarrollo y Sociedad**, v. 74, p. 19-67, 2014.

CROUCH, L.; FASIH, T. Patterns in educational development: implications for further efficiency analysis. **mimeo**, World Bank.

DIAS, H. L.; CAGNINI, W.; CAMARGO, S. R. Análise da eficiência dos gastos públicos com educação nos municípios do Sudoeste do Paraná. **Anais...** Congresso Brasileiro de Custos-ABC, 2014.

DEUTSCH, J.; DUMAS, A.; SILBER, J. Estimating an educational production function for five countries of Latin America on the basis of the PISA data. **Economics of Education Review**, v. 36, p. 245-262, 2013.

DINIZ, J. A. **Eficiência das transferências intergovernamentais para a educação fundamental de municípios brasileiros**. 2012. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade: Contabilidade) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FÁVERO, L. P. L. Dados em painel em contabilidade e finanças: teoria e aplicação. **Brazilian Business Review**, v. 10, n.1 p. 131-156, 2013.

FÁVERO, L. P. L.; BELFIORE, P.; TAKAMATSU, R. T.; SUZART, J. **Métodos quantitativos com STATA**: procedimentos, rotinas e análise de resultados. Rio de Janeiro: Elsevier, 248 p., 2014.

FÁVERO, L. P. L. **Análise de dados: modelos de regressão com EXCEL[®], STATA[®] e SPSS[®]**. Rio de Janeiro: Elsevier, 520 p., 2015

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; LOVELL, C. A. K. **Production frontiers**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M.; ZHANG, Z. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. **American Economic Review**, v. 84, n. 1, p. 66-83, 1994.

FARIA, F. P.; JANNUZZI, P. M.; SILVA, S. J. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro. **Revista de Administração Pública**, v. 42, n. 1, p. 155-177, 2008.

FARRELL, M. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, 253–281, 1957.

FEENY, S.; ROGERS, M. Public sector efficiency, foreign aid and small Island developing states. **Journal of International Development**, v. 20, n.4, 2008.

FERREIRA, F. H. G.; GIGNOUX, J. The measurement of educational inequality: achievement and opportunity. **World Bank Economic Review**, v. 28, n. 2, p. 210-246, 2014.

FONCHAMNYO, D. C.; SAMA, M. C. Determinants of public spending efficiency in education and health: evidence from selected CEMAC countries. **Journal of Economics and Finance**, p. 1-12, 2014.

GAMBOA, L. F.; WALTENBERG, F. D. Inequality of opportunity for educational achievement in Latin America: evidence from PISA 2006-2009. **Economics of Education Review**, v. 31, p. 694-708, 2012.

GIMÉNEZ, V.; PRIOR, D.; THIEME, C. Technical efficiency, managerial efficiency and objective setting in the educational system: an international comparison. **Journal of the Operational Research Society**, v. 58, n. 8, 2007.

GIOACCHINO, D. D.; SABANI, L. Education policy and inequality: a political economy approach. **European Journal of Political Economy**, v. 25, p. 463-478, 2009.

GOOD, K. J.; BORBA, J. A.; MARAGNO, L. M. D. Factors explaining NGO financial efficiency: Findings from The World's Top NGOs in 2015. **In: American Accounting Association Annual Meeting**, 2016, New York. American Accounting Association Annual Meeting, 2016.

GUPTA, S.; VERHOEVEN, M. The efficiency of government expenditure: experiences from Africa. **Journal of Policy Modeling**, v. 23, n. 4, p. 433-467, 2001.

GUPTA, S.; VERHOEVEN, M.; ERWIN, R. T. The effectiveness of government spending on education and health care in developing and transition economies. **European Journal of Political Economy**, v. 18, p. 717-737, 2002

GUPTA, S.; VERHOEVEN, M.; TIONGSON, E. R. The effectiveness of government spending on education and health care in developing and transition economies. **European Journal of Political Economy**, v. 18, n. 4, p. 717-737, 2002.

GROSSKOPF, S.; MOUTRAY, C. Evaluating performance in Chicago public high schools in the wake of decentralization, **Economics of Education Review**, v. 20, p. 1 p., 2001.

HANUSHEK, E. A. Conceptual and empirical issues in the estimation of educational production functions, **The journal of human resources**, v. 14, n. 3, p. 351-388, 1979.

_____. The economics of schooling: production and efficiency in public schools. **Journal of Economic Literature**, Pittsburgh, v. 24, n. 3, p. 1141-1177, 1986.

_____. The failure of input-based schooling policies. **The Economic Journal**, v. 113, n. 485, p. 64-98, 2003.

HANUSHEK, E. A.; KIMKO, D. D. Schooling, labour-force quality, and the growth of nations. **The American Economic Review**, v. 90, p. 1184-1208, 2000.

HANUSHEK, E. A.; LUQUE, J. A. Efficiency and equity in schools around the world. **Economics of Education Review**, v. 22, p. 481-502, 2003.

HANUSHEK, E.; WOESSMANN, L. The role of cognitive skills in economic development. **Journal of Economic Literature**, v. 46, n. 3, p. 607–668, 2008.

HANUSHEK, E.; WOESSMANN, L. How much do educational outcomes matter in OECD countries. CES IFO Working Papers No 3238., 2010.

HAUNER, D. Explaining Differences in public sector efficiency: evidence from Russia's regions. **World Development**, v. 36, n. 10, p. 1745-1765, 2008.

HAUNER, D.; KYOBE, A. Determinants of government efficiency. **IMF Working Paper** 08/228, 2008.

HEREDIA-ORTIZ, E. **The impact of education decentralization on education output**: a cross-country study. Georgia, 2007. Tese (PhD em Economia) – Georgia State University, 2007.

HERRERA, S.; PANG, G. How efficient is public spending in education? **Ensayos sobre Política Económica**, v. 24, n. 51, p. 136-201, 2006.

HOLMLUND, H.; LINDAHL, M.; PLUG, E. The causal effect of parent's schooling on children's schooling: a comparison of estimation methods. **Journal of Economic Literature**, v. 49, p. 615-651, 2011.

HUNG, W. C. The determinants of national innovative capability – A cross-country innovation efficiency analysis. In: Atlanta Conference on Science and Innovation Policy, ACSIP 2009, Atlanta: United States, 2009.

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Aísio Teixeira. **PISA**: universo avaliado, 2014. Disponível em <http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2014/

relatorio_nacional_pisa_2012_resultados_brasileiros.pdf> Acesso em 01 set. 2015.

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Aísio Teixeira. **PISA:** universo avaliado, 2015. Disponível em:

<<http://portal.inep.gov.br/internacional-novo-pisa-universoavaliado>>. Acesso em 01 set. 2015.

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Aísio Teixeira. **Resultados**, 2016. Disponível em: <

<http://portal.inep.gov.br/internacional-novo-pisa-resultados>>. Acesso em 1 set. 2015.

ISCED - International Standard Classification of Education. **United Nations Educational Scientific and Cultural Organization:** Institute of statistics, 2011. Disponível em:

<<http://www.uis.unesco.org/Education/Documents/isced-2011-en.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2015.

JAFAROV, E.; GUNNARSSON, V. Efficiency of government social spending in Croatia. **Financial Theory and Practice**, v. 32, n. 3, p. 289-320, 2008.

FURMAN, J. L.; PORTER, M. E.; STERN, S. The determinants of national innovative capacity. **Research Policy**, v. 31, p. 899-933, 2002.

JOHANSEN, L. Production functions and the concept of capacity. In: Forsund FR (ed). **Collected Works of Leiv Johansen 1968**. North-Holland, Amsterdam, p. 359-382, 1968.

JOUMADY, O.; RIS, C. Performance in European higher education: A non-parametric production frontier approach. **Education Economics**, v. 13, n. 2, p. 189-205, 2005.

JOHNES, J. Measuring teaching efficiency in higher education: an application of data envelopment analysis to economics graduates from UK universities 1993. **European Journal of Operational Research**, v. 174, p. 443-456, 2006.

JORO, T.; KORHONEN, P. J. **Extension of data envelopment analysis with preference information: value efficiency**. New York: Springer, 2014.

KEMPKES, G.; POHL, C. The efficiency of German universities: some evidence from nonparametric and parametric methods. **Applied Economics**, v. 42, p. 2063–2079, 2010.

KOOP, G.; OSIEWALSKI, V.; STEEL, M. F. J. Modelling the sources of output growth in a panel of Countries. **Journal of Business & Economics Statistics**, v. 18, n. 3, 2000.

KRUEGER, A.; LINDAHL, M. Education and growth: why and for whom? **Journal of Economic Literature**, v. 39, p. 1101-1136, 2001.

LAKATOS, E.; MARCONI, Marina. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LAMPE, H. W.; HILGERS, D. Trajectories of efficiency measurement: a bibliometric analysis of DEA and SFA. **European Journal of Operational Research**, v. 240, p. 1-21, 2014.

LEE, J. W.; BARRO, R. J. Schooling quality in a cross-section of countries. **Economica**, v. 68, p. 465-488, 2001

LIU, J. S.; LU, L. Y. Y.; LU, W-M.; LIN, B. J. Y. A survey of DEA applications. **Omega**, v. 42, p. 893-902, 2013.

LIU, F. H. F.; WANG, P. H. DEA Malmquist productivity measure: Taiwanese semiconductor companies. **International Journal of Production Economics**, v. 112, p. 367-379, 2008.

LOBO, M. S. de C.; LINS, M. P. E.; SILVA, A. C. M. da; FISZMAN, R. Impacto da reforma de financiamento de hospitais de ensino no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 437-445, 2009.

LOCHNER, L.; MORETTI, E. The effect of education on crime: evidence from prison inmates, arrests, and self-reports. **American Economic Review**, v. 94, n. 1, p. 155-189, 2004.

LOZANO-VIVAS, A.; PASTOR, J. T.; HASAN, I. European bank performance beyond country Borders: What really matters? **Review of Finance**, v. 5, p. 141–165, 2001.

LOZANO-VIVAS, A.; PASTOR, J. T.; PASTOR, J. M. An efficiency comparison of European banking systems operating under different environmental conditions. **Journal of Productivity Analysis**, v. 18, p. 59–77, 2002.

LUCAS, R. E. Jr. On the mechanics of economic development. **Journal of Monetary Economics**, v. 22, p. 3-42, 1988.

MACEDO, M. A. S.; CASA NOVA, S. P. C.; ALMEIDA, K. Mapeamento e Análise Bibliométrica da Utilização da Análise Envolvória de Dados (DEA) em Estudos em Contabilidade e Administração. **Contabilidade, Gestão e Governança**, v. 12, p. 87-101, 2009.

MACHADO, S. P. Jr.; IRFFI, G.; BENEGAS, M. B. Análise da eficiência técnica dos gastos com educação, saúde e assistência social dos municípios cearenses. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 36, 2011.

MALMQUIST, S. Index numbers and indifference curves. *Trabajos de Estadística y de Investigación Operativa*, v. 4, n.1, p. 209-242, 1953.

MANCEBÓN, M-J.; CALERO, J.; CHOI, Á.; XÍMENEZ-DE-EMBÚN, D. P. The efficiency of public and publicly subsidized high schools in Spain: evidence from PISA-2006. **Journal of the Operational Research Society**, v. 63, n. 11, p. 1516-1533, 2012

MANDL, U.; DIERX, A.; ILZKOVITZ, F. The effectiveness and efficiency of public spending. **Economic Papers**, v. 301, 2008.

MARION, J. C. **Contabilidade Empresarial**, 17ª ed. São Paulo: Atlas, 502 p., 2015.

MARTELETO, L.; ANDRADE, F. The educational achievement of Brazilian adolescents: cultural capital and the interaction between

families and schools. **Sociology of Education**, v. 87, n. 1, p. 16-35, 2013.

MEC – Ministério da Educação. Dados CENSO, 2016. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=17044-dados-censo-2015-11-02-materia&Itemid=30192> Acesso em 20 jul. 2016.

MCMILLAN, M.L.; DATTA, D. The relative efficiencies of Canadian universities: A DEA perspective. **Canadian Public Policy**, v. 24, n. 4, p. 485–511, 1998.

MUKHERJEE, A. Public expenditure on education: a review of selected issues and evidence. **eSocialSciences**, Working Papers n. 856, 2007.

MURPHY, K.M.; PELTZMAN, S. School performance and the youth labor market. **Journal of Labor Economics**, v. 22, n. 2, p. 299–325, 2004.

NGRAM VIEWR. Pesquisa sobre eficiência, 2016. Disponível em: <https://books.google.com/ngrams/graph?content=efficiency&year_start=1800&year_end=2015&corpus=15&smoothing=3&share=&direct_url=t1%3B%2Cefficiency%3B%2Cc0> Acesso em 01 jan. 2016.

OECD. **About PISA**, 2015. Disponível em: <<http://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/>>. Acesso em 29 abr. 2015.

OECD. **Education at a Glance 2014**: OECD Indicators, 2014. Disponível em: <<https://www.oecd.org/edu/Education-at-a-Glance-2014.pdf>> Acesso em: 20 ago. 2016.

OECD. **PISA 2012 Results: What Makes Schools Successful? Resources, Policies and Practices (Volume IV)**, 2013 Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264201156-en>> Acesso em 20 ago. 2016.

OECD. **PISA 2012 Technical Background**, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/888932937073>> Acesso em: 22 jul. 2016.

OLIVEIRA, M. A.; SANTOS, C. Assessing school efficiency in Portugal using FDH and bootstrapping, **Applied Economics**, v. 37, n. 8, p. 957-968, 2005.

PAPKE, L. E.; WOOLDRIDGE, J. M. Econometric methods for fractional response variables with an application to 401(K) plan participation rates. **Journal of Applied Econometrics**, v. 11, 1996.

PASTOR, J. T. Translation invariance in data envelopment analysis. **Annals of Operations Research**, v. 66, n. 2, p. 93-102, 1996.

PRICHETT, L. Where has all the education gone. **World Bank Economic Review**, v. 15, p. 367-391, 2001.

RAJKUMAR, A. S.; SWAROPP, V. Public spending and outcomes: does governance matter? **Journal of Development Economics**, v. 86, p. 96-111, 2008.

RAYP, G.; SIJPE, N. V. D. Measuring and explaining government efficiency in developing countries. **Journal of Development Studies**, v. 43, n. 2, p. 360-381, 2007.

REINHARD, S.; LOVELL, C. A. K.; THIJSEN, G. J. Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables: estimated with SFA and DEA. **European Journal of Operational Research**, v. 121, n. 2, p. 287-303

REINIKKA, R.; SVENSSON, J. Fighting corruption to improve schooling: evidence from a newspaper campaign in Uganda. **Journal of the European Economic Association**, v. 3, p. 259-267, 2005.

RICH, S. P. Student performance: does effort matter? **Journal of Applied Finance**, v.16, n.2, p. 120-133, 2006.

ROGERS, M. L. Directly unproductive schooling: how country characteristics affect the impact of schooling on growth. **European Economic Review**, v. 52, p. 356-385, 2008.

RIBEIRO, M. B. Qualidade do gasto público. **Finanças Públicas – XIII Prêmio Tesouro Nacional**, 2008.

ROMER, P. Endogenous technological change. **Journal of Political Economy**, v. 98, n. 5, p. 97–103, 1990.

SCHUTZ, G.; URSPRUNG, H. W.; WOESSMANN, L. Education policy and equality of opportunity. **Kyklos**, v. 61, n. 2, 279–308, 2008.

SHLEIFER, A.; VISHNEY, R. Corruption. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 108, p. 599–617, 1993.

SEIFORD, L. M.; ZHU, J. M. Profitability and marketability of the top 55 U.S commercial banks. **Management Science**, v. 45, n. 9, p. 1270–1288, 1999.

SIBIANO, P.; AGASISTI, T. Efficiency and heterogeneity of public spending in education among Italian regions. **Journal of Public Affairs**, v. 13, n. 1, p. 11–22, 2013.

SILVA, J. L. M.; ALMEIDA, J. C. L. Eficiência no gasto público com educação: uma análise dos municípios do Rio Grande do Norte. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 39, 2012.

SILVA, A. A. P.; FERREIRA, M. A. M.; BRAGA, M. J.; ABRANTES, L. A. Eficiência na alocação de recursos públicos destinados à educação, saúde e habitação em municípios mineiros. **Contabilidade, Gestão e Governança**, v. 15, n. 1, p. 96–114, 2012.

SENRA, L. F. A. C.; NANJI, L. C.; MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L. A. Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. **Pesquisa Operacional**, v. 27, n. 2, p. 191–207, 2007.

SIMAR, L.; WILSON, Paul. Estimation and inference in two-stage semi-parametric models of production process. **Journal of Econometrics**, v. 136, p. 31–64, 2007.

SINAESI, B.; REENEN, J. V. The returns to education: macroeconomics. **Journal of Economics Surveys**, v. 17, p. 157–200, 2003.

SILVA-PORTELA, M.C.A.; THANASSOULIS, E. Decomposing school and school-type efficiency. **European Journal of Operational Research**, v. 132, p. 357–373, 2001.

SIMAR, L.; WILSON, P.W. Sensitivity analysis of efficiency score: how to bootstrap in nonparametric frontier models. **Management Science**, v. 44, p. 49-60, 1998.

STEVENS, P.A. A stochastic frontier analysis of English and Welsh universities. **Education Economics**, v. 13, n. 4, p. 355-374, 2005.

SURYADARMA, D. How corruption diminishes the effectiveness of public spending on education in Indonesia. **Bull. Indones. Econ. Stud.**, v. 48, p. 85–100, 2012.

TADESCO, J. C.; LOPEZ, N. Desafios a la Educación Secundaria en America Latina. **Revista de la CEPAL**, v. 76, 2002.

THIEME, C.; GIMÉNEZ, V.; PRIOR, D. A comparative analysis of the efficiency of national education systems, **Asia Pacific Education Review**, v. 13, n. 1, p. 1-15, 2012.

TI - Transparency Internacional. **Corruption Perpection Index 2012**, 2012. Disponível em: <<http://www.transparency.org/cpi2012/results>> Acesso em 01 out. 2015.

TI – Trasnparency International. **Glossary**, 2016. Disponível em <<http://www.transparency.org/glossary>> Acesso em 10 ago. 2016.

TI - Transparency International, 2016b. Disponível em: <<http://www.transparency.org/cpi2015>> Acesso em: 01 abr. 2016.

TIMSS – Trends in International Mathematics and Science Study, 2016. Disponível em <<https://nces.ed.gov/timss/>> Acesso em 21 mar. 2016.

TODD, P.E.; WOLPIN, K. I. On the specification and estimation of the production function for cognitive achievement. **The Economic Journal**, v. 113, p. 3–33, 2003.

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Instituto de Estatística da UNESCO**, 2016. Disponível em: <<http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?queryid=181#>> Acesso em 10 jul. 2016.

UNICEF – United Nations Children's Fund. **Education**: definitions of the indicators, 2016. Disponível em <http://www.unicef.org/infobycountry/stats_popup5.html> Acesso em 10 jul. 2016.

VERGARA, S. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

VERNA, A.; GAVIRNENI, S. Measuring police efficiency in India: an application of data envelopment analysis, **Policing: An International Journal of Police Strategies & Management** v. 29, n. 1, p. 125-145, 2006.

ZAGLER, M.; DURNECKER, G. Fiscal policy and economic growth. **Journal of Economics Surveys**, v. 17, p. 397-418, 2003.

ZHANG, L. Political economy of income distribution. **Journal of Development Economics**, v. 87, p. 119-139, 2008.

ZOGHBI, A. C.; MATTOS, E; ROCHA, F.; ARVATE, P. Uma análise da eficiência nos gastos em educação fundamental para os municípios paulistas. **Planejamento e políticas públicas**, n. 36, p. 09-61, 2011.

WANG, E. C.; ESKANDER, A. Relative efficiency of government spending and its determinants evidence from East Asian countries. **Eurasian Economic Review**, v. 1, n. 1, 2011.

WARNING, S. Performance differences in German higher education: Empirical analysis of strategic groups. **Review of Industrial Organization**, v. 24, p. 393–408, 2004.

WOESSMANN, L. How equal are educational opportunities? Family background and student achievement in Europe and the United States, **IZA Discussion Papers**, n. 1284, 2004.

WOLSZCZAK-DERLACZ, J.; PARTEKA, A. Efficiency of European public higher education institutions: a two-stage multicountry approach. **Scientometrics**, v. 89, p. 887–917, 2011.

WILBERT, M. D.; D'ABREU, E. C. F.. Eficiência dos gastos públicos na educação: análise dos municípios do estado de alagoas. **Advances in Scientific and Applied Accounting**, v. 6, n. 3, p. 348-372, 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A- ESPECIFICAÇÕES DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NO MODELO DEA E NO MALMQUIST INDEX

Variável	Coleta	Variação	Base de Dados	Unidade de Medida	Especificação
GPE	Anualmente	$[0, +\infty)$	UIS.STAT (UNESCO)	US\$ em PPP	Gasto público por estudante do ensino secundário
PISA	Trienalmente (2006,2009,2012)	$[0, 1000]$	PISA (OECD)	<i>Score</i>	O exame de PISA utiliza a Teoria de Resposta ao Item na mensuração dos seus <i>scores</i> . Na presente pesquisa, foi realizada uma média dos <i>scores</i> de Matemática, Ciências e Leitura
TAXA	Anualmente	$(0, 100)$	UIS.STAT (UNESCO)	%	É calculado dividindo o total de estudantes em idade oficial matriculados no ensino secundário pelo número total de adolescentes com idade correspondente ao ensino secundário, multiplicado por 100

Fonte: elaborado pelo autor (2016).

**APÊNDICE B - ESPECIFICAÇÕES DAS VARIÁVEIS
INDEPENDENTES UTILIZADAS NO MODELO DE
REGRESSÃO DE DADOS EM PAINEL**

Variável	Coleta	Variação	Base de Dados	Unidade de Medida	Especificação
EFI	(2004-2006) (2007-2009) (2010-2012)	(0,1]	Dados da Pesquisa	Índice	Calculado para os três períodos de análise (2004-2006 / 2007-2009 / 2010-2012) para cada país, com base no DEA (VRS) e com orientação <i>output</i>
RAZAP	Anualmente	[0, +∞)	UIS.stat UNESCO	Índice	É a razão estudante/professor, levando em consideração os alunos do ensino secundário. Quanto maior esse índice, mais alunos por professor existem em sala de aula.
ALUN	Trienalmente 2006 2009 2012	[-5, 5]	PISA (OECD)	Índice	Mede a satisfação dos alunos de 15/16 anos com ciências, matemática ou leitura. Quanto maior esse índice, mais qualidade tem o aluno.
BACK	Trienalmente 2006 2009 2012	Média = 0 $s = 1$	PISA (OECD)	Índice	O índice é composto de diferentes variáveis e leva em consideração o <i>status</i> ocupacional dos pais de alunos com 15/16 anos, o nível de instrução dos pais e os bens materiais que a família possui em casa. Quanto maior for esse índice, melhor o <i>background</i> sócio econômico do estudante.
COMP	Trienalmente 2006 2009 2012	[0, 2]	PISA (OECD)	Índice	O índice leva em consideração a quantidade de computadores em relação ao tamanho da escola. Entretanto, é um índice indexado. Quanto maior o índice, mais computadores por aluno existem

Variável	Coleta	Variação	Base de Dados	Unidade de Medida	Especificação
CORR	Anualmente	[0, 100]	TI	Score	A variável é calculada usando 12 bases de dados de 11 diferentes instituições que capturam a percepção da corrupção em determinado país. Para que o país faça do CPI, é necessário que seja avaliado por pelo menos três dessas fontes. Quanto maior o <i>score</i> dessa variável, menos corrupto é o país em questão.
RECUR	Trienalmente 2006 2009 2012	[-5, 5]	PISA (OECD)	Índice	Mensura a autonomia financeira que as escolas possuem, de acordo com a percepção dos seus diretores. Quanto maior, mais autonomia.
CURRIC	Trienalmente 2006 2009 2012	[-5, 5]	PISA (OECD)	Índice	Mensura a autonomia que as escolas possuem para formular o currículo escolar e o método de avaliação, de acordo com a percepção dos seus diretores. Quanto maior, mais autonomia.
PROF	Anualmente	$[0, +\infty)$	Banco Mundial	US\$ em PPP	Os salários dos professores foram calculados como uma média do ISCED 2 e do ISCED 3. Isso porque, o Banco Mundial não disponibilizava os dados do ensino secundário de maneira individualizada. Refere-se aos salários iniciais de professores. Quanto maior os valores, maior qualidade dos professores.
DESEMP	Anualmente	[0, 100]	Banco Mundial	%	É mensurada em % da força de trabalho total de um país que está desempregada e à procura de emprego. Quanto maior o valor dessa variável, maior o desemprego de um país.

Variável	Coleta	Variação	Base de Dados	Unidade de Medida	Especificação
PIBPC	Anualmente	$[0, +\infty)$	Banco Mundial	US\$ em PPP	É mensurada levando em consideração o PIB de um país, convertido em dólares, utilizando o PPP dividido por toda a população desse país. Quanto maior o PIB <i>per capita</i> , maior a riqueza por pessoa dessa nação.

Fonte: elaborado pelo autor (2016)

APÊNDICE C – DISPONIBILIDADE DOS *INPUTS* E *OUTPUTS* POR ANO

VAR	GPE			PISA			TAXA		
PAÍS	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2006	2009	2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012
ALB	000	000	000	0	.	.	000	000	000
ARG	000	000	0.0	.	.	.	...	...	...
AST	...	...	...	.	.	.	000	000	000
AUS	0..	...	...	.	.	.	...	...	...
BEL	...	...	...	.	.	.	..0	000	000
BRA	..0	...	...	.	.	.	0ee	.0.	0..
BUL	...	...	...	.	.	.	...	...	...
CAN	000	...	.0.	.	.	.	000	000	000
CHI	...	...	...	.	.	.	000	...	...
COL	...	...	...	.	.	.	0..	...	...
COS	.0.	...	...	0	0	.	000	000	0..
CRO	000	000	000	.	.	.	0.0	0..	...
CYP	...	...	..0	0	0	.	...	...	...
CZE	...	...	...	.	.	.	000	000	000
DEN	...	...	..0	.	.	.	...	...	...
EST	...	...	...	.	.	.	...	...	...
FIN	...	...	..0	.	.	.	...	...	...
FRA	...	...	...	.	.	.	...	...	...
GER	00.	...	...	.	.	.	000	000	000
GRE	...	000	000	.	.	.	...	.00	.00
HON	...	...	...	.	.	.	...	...	...
HUN	...	...	...	.	.	.	...	...	...
ICE	...	...	..0	.	.	.	...	...	...
IND	000	...	...	.	.	.	...	...	...
IRE	...	...	...	.	.	.	...	...	.0.
ISR	...	...	...	.	.	.	...	...	...
ITA	...	...	...	.	.	.	...	...	...
JAP	...	..0	...	.	.	.	...	...	...
JOR	...	..0	0.0	.	.	.	...	0.0	0.0
KAZ	000	000	000	0	.	.	00.	000	...
KOR	...	...	00.	.	.	.	...	...	...
LAT	.0.	...	...	.	.	.	000	0..	...
LIE	000	000	000	.	.	.	.00	0..	...
LIT	...	...	...	.	.	.	...	...	...
LUX	...	..0	..0	.	.	.	...	..0	...
MAC	000	000	0..	.	.	.	...	...	...
MAL	.0.	...	..0	0	0	.	...	...	...
MEX	...	...	..0	.	.	.	...	...	...
MON	000	000	000	.	.	.	000	000	000
NET	...	...	...	.	.	.	...	...	...
NEW	...	...	...	.	.	.	000	00.	...

VAR	GPE			PISA			TAXA		
PAÍS	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2006	2009	2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012
NOR	...	...	..0	.	.	.	...	...	...
PER	...	...	...	0	.	.	...	...	...
POL	...	...	...	.	.	.	...	...	...
POR	...	...	..0	.	.	.	0..	000	000
QAT	000	00.	000	.	.	.	...	..0	..0
ROM	..0	..0.	...	.	.	.	000	000	000
RUS	000	000	000	.	.	.	000	000	000
SER	000	...	..0	.	.	.	000	0..	...
SIN	000	0..	..00	0	.	.	000	000	000
SLK	...	...	...	.	.	.	000	000	000
SLO	000	000	..0	.	.	.	...	...	...
SPA	...	...	...	.	.	.	...	...	...
SWE	...	...	...	.	.	.	...	...	...
SWI	...	...	...	.	.	.	...	...	...
TAI	n	n	n	.	.	.	n	n	n
THA	..00	0..	...	.	.	.	00.	...	...
TUN	..0	0.0	000	.	.	.	000	000	000
TUR	000	000	000	.	.	.	...	...	...
UAE	000	000	0..	0	0	.	000	000	000
URU	...	000	000	.	.	.	000	...	..00
UNK	...	...	..0	.	.	.	...	...	...
USA	...	...	...	a	.	.	...	...	...
VIE	000	000	000	0	0	.	000	000	000
XAN	n	n	n	0	.	.	n	n	n

0 = dado ausente em determinado ano; . = dado presente em determinado ano; a = não houve aplicação de leitura em 2006 em USA; e = estimado; n = o país não é discriminado por essa base de dados.

Fonte: dados da pesquisa (2016).

**APÊNDICE D – RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS EFI, RAZAP,
PROF, ALUN E BACK QUE ESTAVAM DISPONÍVEIS**

VAR	EFI			RAZAP			PROF			ALUN			BACK		
PAÍS	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2006	2009	2012	2006	2009	2012
ALB	0	0	0	000	0..	...	000	000	000	0	.	.	0	.	.
ARG	0	0	0	...	..0	000	000	000	..0	.	.	.	.	.	.
AST	0	0	0	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
AUS	.	.	.	000	000	000	...	...	...	.	.	.	.	.	.
BEL	.	0	0	000	000	000	000	000	000	.	.	.	.	.	.
BRA	.	.	.	..0	...	...	000	000	00.	.	.	.	.	.	.
BUL	.	.	.	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
CAN	0	0	0	000	000	000	...	...	000	.	.	.	.	.	.
CHI	0	.	.	...	...	...	.0.	.0.	...	.	.	.	.	.	.
COL	.	.	.	...	.0.	...	000	000	000	.	.	.	.	.	.
COS	0	0	.	00.	...	..0	000	000	000	0	0	.	0	0	.
CRO	0	0	0	0..	...	...	000	000	000	.	.	.	.	.	.
CYP	0	0	.	000	000	000	000	000	000	0	0	.	0	0	.
CZE	0	0	0	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
DEN	.	.	.	000	000	000	...	...	...	.	.	.	.	.	.
EST	.	.	.	000	...	...	00.	...	...	.	.	.	.	.	.
FIN	.	.	.	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
FRA	.	.	.	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
GER	0	0	0	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
GRE	.	0	0	...	.00	000	...	...	...	.	.	.	.	.	.
HON	.	.	.	...	...	...	000	000	000	.	.	.	.	.	.
HUN	.	.	.	000	000	000	...	...	...	.	.	.	.	.	.
ICE	.	.	.	000	000	000	...	...	...	.	.	.	.	.	.
IND	0	.	.	...	...	...	000	0..	.0.	.	.	.	.	.	.
IRE	.	.	.	000	000	000	...	...	...	.	.	.	.	.	.
ISR	.	.	.	...	...	000	...	...	...	.	.	.	.	.	.
ITA	.	.	.	...	.00	000	...	...	...	.	.	.	.	.	.
JAP	.	.	.	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
JOR	.	0	0	000	000	000	000	000	000	.	.	.	.	.	.
KAZ	0	0	0	00.	000	...	000	000	000	0	.	.	0	.	.
KOR	.	.	0	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
LAT	0	.	.	...	0..	...	000	000	000	.	.	.	.	.	.
LIE	0	0	0	0..	...	0.0	000	000	000	.	.	.	.	.	.
LIT	.	.	.	...	...	...	000	000	000	.	.	.	.	.	.
LU.	.	.	.	...	..0	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
MAC	0	0	.	...	...	...	000	000	000	.	.	.	.	.	.
MAL	0	0	.	...	...	...	000	000	000	0	0	.	0	0	.
MEX	.	.	.	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
MON	0	0	0	000	000	000	000	000	000	.	.	.	.	.	.
NET	.	.	.	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
NEW	0	0	.	....	...	...	...	..0	...	.	.	.	.	.	.

VAR	EFI			RAZAP			PROF			ALUN			BACK		
PAÍS	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2006	2009	2012	2006	2009	2012
NOR	.	.	.	000	000	000	...	...	...	.	.	.	.	.	.
PER	0	.	.	...	...	...	000	000	000	0	.	.	.	.	.
POL	.	.	.	0..	...	...	.00	0..	...	.	.	.	.	.	.
POR	.	0	0	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
QAT	0	0	0	...	0..	...	000	000	000	.	.	.	0	.	.
ROM	0	0	0	...	...	...	000	000	000	.	.	.	.	.	.
RUS	0	0	0	0..	...	00.	000	000	000	.	.	.	.	.	.
SER	0	.	.	000	...	...	000	000	000	.	.	.	.	.	.
SIN	0	0	0	000	...	000	000	000	000	0	.	.	.	.	.
SLK	0	0	0	...	...	...	000	00.	...	.	.	.	.	.	.
SLO	0	0	.	...	...	0.0	0..	...	...	.	.	.	.	.	.
SPA	.	.	.	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
SWE	.	.	.	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
SWI	.	.	.	000	000	00.	...	...	...	.	.	.	.	.	.
TAI	0	0	0	000	000	000	000	000	000	.	.	.	.	.	.
THA	0	.	.	00.	..0	0.0	000	000	000	.	.	.	.	.	.
TUN	0	0	0	...	...	..0	000	000	000	.	.	.	.	.	.
TUR	0	0	0	000	000	00.	...	..0.	...	.	.	.	.	.	.
UAE	0	0	0	...	..0.	0..	000	000	000	0	0	.	0	0	.
URU	0	0	0	0..	...	..0.	000	000	000	.	.	.	.	.	.
UNK	.	.	.	...	..0	000	000	000	000	.	.	.	.	.	.
USA	.	.	.	...	...	...	...	...	...	.	.	.	.	.	.
VIE	0	0	0	000	000	000	000	000	000	0	0	.	0	0	.
XAN	0	0	0	000	000	000	000	000	000	.	.	.	.	.	.

0 = dado ausente em determinado ano; . = dado presente em determinado ano; a = não houve aplicação de leitura em 2006 em USA; e = estimado; n = o país não é discriminado por essa base de dados; u = Sérvia e Montenegro ainda eram um só país.

Fonte: dados da pesquisa (2016).

**APÊNDICE E - RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS COMP, CORR,
RECUR, CURRIC, DESEMP E PIBPC QUE ESTAVAM
DISPONÍVEIS**

	COMP			CORR			RECUR			CURRIC			DESEMP			PIBPC		
PAÍS	2006	2009	2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2006	2009	2012	2006	2009	2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012
ALB	0	.	.	...	...	...	0	.	.	0	.	.	...	...	...	...	...	...
ARG	0	.	.	.	...	...	...	000	000	000
AST
AUS
BEL
BRA
BUL
CAN
CHI
COL
COS	0	0	.	...	...	...	0	0	.	0	0	.	...	...	...	...	...	...
CRO
CYP	0	0	.	...	...	...	0	0	.	0	0	.	...	...	...	...	...	...
CZE
DEN
EST
FIN
FRA	0	0	.	...	...	...	0	0	.	0	0	.	...	...	...	...	...	...
GER
GRE
HON
HUN
ICE
IND
IRE
ISR
ITA

	COMP			CORR			RECUR			CURRIC			DESEMP			PIBPC		
PAÍS	2006	2009	2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2006	2009	2012	2006	2009	2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012
JAP
JOR
KAZ	0	.	.	...	...	...	0	.	.	.	.	.	...	...	...	...	...	...
KOR
LAT
LIE	.	.	.	n	n	n	.	.	.	.	.	.	000	000	000	000	000	000
LIT
LU.
MAC
MAL	0	0	.	...	...	...	0	0	.	0	0	.	...	...	...	...	...	...
MEX
MON	.	.	.	uu.	...	...	.	.	.	.	.	.	...	...	...	...	...	...
NET
NEW
NOR
PER	0	.	.	...	...	...	0	.	.	0	.	.	...	...	...	...	...	...
POL
POR
QAT	0	.	.	...	...	...	.	.	.	.	.	.	...	...	...	...	...	...
ROM
RUS
SER	.	.	.	uu.	...	...	.	.	.	.	.	.	...	...	...	...	...	...
SIN	0	.	.	...	...	...	0	.	.	0	.	.	...	...	...	...	...	...
SLK
SLO
SPA
SWE
SWI
TAI	000	000	000	000	000	000
THA

	COMP			CORR			RECUR			CURRIC			DESEMP			PIBPC		
PAÍS	2006	2009	2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2006	2009	2012	2006	2009	2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012	2004-2006	2007-2009	2010-2012
TUN	.	.	.	...	...	...	.	.	.	.	.	.	...	...	...	...	...	...
TUR	.	.	.	...	...	...	.	.	.	.	.	.	...	...	...	...	...	...
UAE	0	0	.	...	...	...	0	0	.	0	0	.	...	...	...	...	...	...
URU	.	.	.	...	...	...	.	.	.	.	.	.	...	...	...	...	...	...
UNK	.	.	.	...	...	...	.	.	.	.	.	.	...	...	...	...	...	...
USA	.	.	.	...	...	...	.	.	.	.	.	.	...	...	...	...	...	...
VIE	0	0	.	...	...	...	0	0	.	0	0	.	...	...	...	...	...	...
XAN	.	.	.	...	...	...	0	.	.	0	.	.	000	000	000	000	000	000

0 = dado ausente em determinado ano; . = dado presente em determinado ano; a = não houve aplicação de leitura em 2006 em USA; e = estimado; n = o país não é discriminado por essa base de dados; u = Sérvia e Montenegro ainda eram um só país.

Fonte: dados da pesquisa (2016).

APÊNDICE F - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS DA PESQUISA

	GPE	PISA	TAXA	EFI	CORR	BACK	COMP	PROF	RECUR	CURRIC	RAZAP	ALUN	DESEMP	LNPIBPC
GPE	1,00													
PISA	0,48	1,00												
TAXA	0,36	0,65	1,00											
EFI	-0,25	0,30	0,43	1,00										
CORR	0,74	0,59	0,43	-0,11	1,00									
BACK	0,66	0,75	0,67	0,01	0,78	1,00								
COMP	0,40	0,28	0,13	-0,08	0,37	0,34	1,00							
PROF	0,83	0,36	0,10	-0,41	0,61	0,46	0,37	1,00						
RECUR	0,01	0,09	0,03	0,12	0,36	0,19	0,08	-0,06	1,00					
CURRIC	-0,22	0,44	0,35	0,51	0,11	0,11	0,00	-0,26	0,36	1,00				
RAZAP	-0,50	-0,56	-0,59	-0,14	-0,39	-0,63	-0,09	-0,30	0,14	-0,10	1,00			
ALUN	-0,46	-0,67	-0,59	-0,16	-0,47	-0,62	-0,18	-0,37	-0,17	-0,24	0,47	1,00		
DESEMP	-0,20	-0,04	0,20	0,21	-0,30	-0,14	-0,04	-0,26	-0,18	-0,06	-0,14	-0,04	1,00	
LNPIBPC	0,91	0,56	0,47	-0,25	0,77	0,78	0,47	0,85	0,02	-0,11	-0,51	-0,55	-0,25	1

Fonte: dados da pesquisa (2016).

**APÊNDICE G – EFICIÊNCIA VRS E CRS PARA OS PAÍSES
QUE REALIZARAM O MALMQUIST INDEX**

DMU	2010-2012		2007-2009		2004-2006	
	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS
COL	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
LIT	1,000	0,486	0,993	0,396	1,000	0,561
ISR	1,000	0,442	1,000	0,397	1,000	0,384
POL	1,000	0,432	1,000	0,408	1,000	0,495
HON	1,000	0,301	1,000	0,276	1,000	0,257
JAP	1,000	0,282	1,000	0,244	1,000	0,257
IRE	1,000	0,185	0,993	0,153	0,956	0,185
MEX	0,997	0,747	0,988	0,685	0,970	0,668
EST	0,994	0,353	0,988	0,288	1,000	0,421
HUN	0,990	0,465	0,981	0,363	0,958	0,380
BUL	0,984	0,581	0,975	0,488	1,000	0,811
FRA	0,981	0,215	0,987	0,184	0,970	0,191
FIN	0,975	0,170	1,000	0,151	1,000	0,163
SPA	0,961	0,254	0,950	0,198	0,940	0,239
NOR	0,959	0,135	0,985	0,114	0,973	0,122
NET	0,955	0,203	0,957	0,164	0,953	0,174
ITA	0,953	0,262	0,954	0,198	0,926	0,197
AUS	0,947	0,301	0,971	0,259	0,980	0,272
SWI	0,944	0,162	0,950	0,135	0,930	0,152
UK	0,935	0,195	0,943	0,161	0,959	0,193
SWE	0,929	0,159	0,988	0,144	1,000	0,154
DEN	0,921	0,165	0,929	0,135	0,934	0,130
ICE	0,905	0,269	0,937	0,200	0,921	0,188
USA	0,903	0,187	0,927	0,147	0,916	0,159
LUX	0,901	0,128	0,888	0,093	0,878	0,093
BRA	0,895	0,534	0,926	0,552	1,000	0,931
Média	0,963	0,331	0,970	0,290	0,968	0,338

Fonte: dados da pesquisa (2016).

APÊNDICE H – AMOSTRA DA REGRESSÃO

2010-2012 (n = 37)	2007-2009 (n = 32)	2004-2006 (n = 30)
AUS	AUS	AUS
Observação ausente	Observação ausente	BEL
BRA	BRA	BRA
BUL	BUL	BUL
CHI	CHI	Observação ausente
HON	HON	HON
COL	COL	COL
COS	Observação ausente	Observação ausente
CYP	Observação ausente	Observação ausente
DEN	DEN	DEN
EST	EST	EST
FIN	FIN	FIN
FRA	Observação ausente	Observação ausente
Observação ausente	HUN	GRE
HUN	ICE	HUN
ICE	IND	ICE
IND	IRE	Observação ausente
IRE	ISR	IRE
ISR	ITA	ISR
ITA	JAP	ITA
JAP	KOR	JAP
Observação ausente	Observação ausente	JOR
Observação ausente	Observação ausente	KOR
LAT	LAT	Observação ausente
LIT	LIT	LIT
LUX	LUX	LUX
MAL	Observação ausente	Observação ausente
MEX	MEX	MEX
NET	NET	NET
NEW	Observação ausente	Observação ausente
NOR	NOR	NOR
PER	PER	Observação ausente
POL	POL	POL
Observação ausente	Observação ausente	POR
SER	SER	Observação ausente
SLO	Observação ausente	Observação ausente
SPA	SPA	SPA
SWE	SWE	SWE
SWI	SWI	SWI
THA	THA	Observação ausente
UNK	UNK	UNK
USA	USA	USA

Fonte: dados da pesquisa (2016).